

Henri Helppikangas

JAUHEKAARIHITSAUSTORNIN KÄYTTÖÖNOTTO

JAUHEKAARIHITSAUSTORNIN KÄYTTÖÖNOTTO

Henri Helppikangas
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Henri Helppikangas

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Jauhekaarihitsaustornin käyttöönotto

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Introduction Submerged Arc Welding Equipment

Työn ohjaajat: Vesa Rahkolin, Jaakko Kotajärvi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020

Sivumäärä: 50 + 1 liite

Opinnäytetyössä käyttöönotettiin OMP Konepaja Oy:lle jauhekaarihitsaustorni. OMP Konepaja Oy on Oulussa toimiva konepajapalveluita tuottava yritys. Työn tavoitteena oli kehittää yrityksen valmistuskapasiteettia suurien hitsattavien kappaleiden hitsauksessa.

Työ aloitettiin tutustumalla jauhekaarihitsausprosessiin ja sen eri prosessisovellutuksiin. Työssä on kerrottu lisäksi erilaisista hitsausprosesseista ja hitsauksen lisäaineista sekä -jauheista. Työssä käyttöönotettiin Esabin 460 C -jauhekaarihitsaustorni, jonka yritys on hankkinut käytettynä. Laitteiston suurien fyysisten mittojen vuoksi työssä määritettiin laitteiston optimaalinen sijainti suhteessa muihin tuotannon laitteisiin. Laitteiston asennus suunniteltiin ja toteutettiin käyttöönottoon asti.

Työssä käsiteltiin tarvittavat toimenpiteet, joita tarvitaan laitteiston lopulliseen käyttöönottoon. Näitä toimenpiteitä ovat muun muassa laitteiston validointi eli koneen näyttämien arvojen tarkastaminen ja käyttöönottotarkastus. Työssä käsiteltiin käyttöönoton jälkeen tehtävien menetelmäkokeiden ja hitsausohjeen laadinta jauhekaarihitsausprosessille.

Työtä voidaan hyödyntää vastaavien laitteistojen asennuksessa ja käyttöönotossa. Työn tavoitteisiin päästiin laitteiston täydellistä käyttöönottoa lukuun ottamatta. Lopullinen käyttöönotto vaatii laitteiston käyttöönottotarkastukset, jotka suoritetaan opinnäytetyön jälkeen. Laitteiston suurella hitsaustuotolla saadaan lisättyä tuotantotehokkuutta suurien kappaleiden ja paksujen ainevahvuuksien hitsauksessa.

Asiasanat: jauhekaarihitsaus, hitsaus, hitsauslaitteiston käyttöönotto

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering

Author: Henri Helppikangas
Title of thesis: Introduction Submerged Arc Welding Equipment
Supervisors: Vesa Rahkolin, Jaakko Kotajärvi
Term and year when the thesis was submitted: spring 2020
Pages: 50 + 1 appendice

In this thesis a submerged arc welding machine is introduced to OMP Konepaja Oy. OMP Konepaja Oy is a company that provides engineering services in Oulu. The aim of this thesis is to improve the manufacturing capacity of the company for welding large steel products.

In the beginning of the project, the basics of the submerged arc welding and its different process applications were introduced. The thesis also describes different welding processes, welding additives and welding fluxes. This thesis introduces the Esab 460C arc welding equipment, which the company has purchased second-hand. Due to the large physical dimensions of the equipment, the project determines the optimum location of the equipment compared to other production equipment. The installation of the equipment was designed and implemented up to the introduction.

The thesis deals with the necessary actions that are required for the final introduction. These actions mean for example introduction check and validation of the equipment which is the verification process of the values displayed by the machine. The thesis covers the composition of the procedure tests and welding procedure specification for the submerged arc welding process which must be done after introduction.

The thesis can be utilized for installation and introduction of a similar equipment. The goals of the thesis were achieved except the complete introduction of the equipment. The introduction of the equipment requires inspections which will be performed after the thesis project. By using the submerged arc welding equipment for production with high welding yield, the production efficiency can be increased in production of large pieces production and welding thick materials.

Keywords: submerged arc welding, welding, introduction of welding equipment

ALKULAUSE

Opinnäytetyön aihe on määritetty yrityksen tarpeesta saada jauhekaarihitsauslaitteisto käyttöönotettua. Työn toimeksiantaja on OMP Konepaja Oy. Työ toteutettiin päivätyön ohella toimiessani yrityksessä työnjohtotehtävissä. Haluan kiittää työn tekemiseen osallistuneita OMP Konepaja Oy:n työntekijöitä, jotka mahdollistivat laitteiston pystytyksen parhaalla mahdollisella tavalla. Haluan kiittää myös yrityksen puolesta ohjannutta tuotantopäällikkö, Jaakko Kotajärveä, jolta sain opinnäytetyöhön ammattimaista näkökulmaa sekä arvokasta tietoa työn etene-
misen kannalta. Kiitän myös Oamkin ohjaavaa opettajaa Vesa Rahkolinia tuesta opinnäytetyöhön.

Haluan kiittää erityisesti myös puolisoani Eveliina Mäkäräistä, jolta sain arvokasta tukea ja joka kannusti ja opasti minua opinnäytetyön kirjoittamisessa.

Oulussa 2.4.2020

Henri Helppikangas

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| ALKULAUSE | 5 |
| SISÄLLYS | 6 |
| LYHENTEET | 8 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 1.1 Työn tausta | 9 |
| 1.2 OMP Konepaja Oy | 9 |
| 2 JAUHEKAARIHITSAUS | 11 |
| 2.1 Jauhekaarihitsauksen historia | 11 |
| 2.2 Jauhekaarihitsauksen perusteet | 11 |
| 2.3 Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat | 12 |
| 3 JAUHEKAARIHITSAUKSEN KÄYTTÖKOHTEET JA PROSESSISOVELLUTUKSET | 13 |
| 3.1 Käyttökohteet | 13 |
| 3.2 Prosessisovellutukset | 14 |
| 4 JAUHEKAARIHITSAUKSEN HITSAUSLISÄÄINEET JA -JAUHEET | 17 |
| 4.1 Hitsausjauheet | 17 |
| 4.2 Hitsauslangat | 19 |
| 5 JAUHEKAARIHITSAUKSEN HITSAUSKUSTANNUKSET JA KANNATTAVUUS | 21 |
| 5.1 Hitsauskustannukset | 21 |
| 5.2 Kannattavuus | 25 |
| 6 JAUHEKAARIHITSAUSLAITTEISTO | 26 |
| 6.1 Vaunu | 27 |
| 6.2 Pylväs | 27 |
| 6.3 Puomi | 28 |
| 6.4 Virtalähde ja ohjausyksikkö | 29 |
| 7 SUUNNITTELU | 31 |
| 7.1 Käyttöönoton suunnittelu | 31 |
| 7.2 Layout | 31 |

| | |
|---|----|
| 7.3 Laitteiston käyttövirta | 33 |
| 7.4 Asennusvaiheet | 34 |
| 8 JAUHEKAARIHITSAUSTORNIN ASENNUS | 35 |
| 8.1 Ajokiskojen asennus | 35 |
| 8.2 Tornin vaunun asennus | 37 |
| 8.3 Pysty- ja vaakapuomin asennus | 37 |
| 8.4 Energiansiirtoketjujen asennus | 39 |
| 8.5 Käyttövirtakeskuksien asennus | 40 |
| 8.6 Laitteiston kytkentä | 41 |
| 9 JAUHEKAARIHITSAUSLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO | 42 |
| 9.1 Käyttöönottotarkastukset | 42 |
| 9.2 Hitsausoperaattori | 42 |
| 9.3 Kunnossapito | 43 |
| 10 MENETELMÄKOKEET JA HITSAUSOHJEET | 44 |
| 10.1 Menetelmäkokeen toteutus | 44 |
| 10.1.1 Alustava hitsausohje | 44 |
| 10.1.2 Menetelmäkoe | 44 |
| 10.1.3 Koekappaleiden testaus | 44 |
| 10.1.4 Pätevyysalue | 45 |
| 10.1.5 Menetelmäkoepöytäkirja | 45 |
| 10.2 Hitsausohjeen laadinta | 46 |
| 11 YHTEENVETO | 48 |
| LÄHTEET | 49 |
| LIITTEET | |
| Liite 1 Hitsausohje | |

LYHENTEET

| | |
|------|---|
| DT | Destructive Testing, rikkova aineenkoetus |
| MAG | Metal-arc Active Gas welding, metallikaasukaarihitsaus aktiivisella suojakaasulla |
| MIG | Metal-arc Inert Gas welding, metallikaasukaarihitsaus inertillä suojakaasulla |
| MMA | Manual Metal Arc welding, puikkohitsaus |
| NDT | Nondestructive Testing, rikkomaton aineenkoetus |
| pWPS | preliminary Welding Procedure Specification, alustava hitsausohje |
| SAW | Submerged Arc Welding, jauhekaarihitsaus |
| WPS | Welding Procedure Specification, hitsausohje |
| WPQR | Welding Procedure Qualification Record, menetelmäkoepöytäkirja |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suoritetaan käyttöönotto Esab 460 C -jauhekaarihitsauslaitteistolle OMP Konepaja Oy:lle. Yritys on hankkinut hitsaustornin, jota ei ole vielä koottu ja otettu käyttöön. Jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotolla on tarkoitus lisätä pyörähdyskappaleiden sekä hitsattavien palkkien valmistuksen tehokkuutta ja parantaa terästuotteiden hitsauksen kannattavuutta. Työssä käsitellään myös hitsausohjeen hyväksyntää menetelmäkokeella ja tarkastellaan jauhekaarihitsauslaitteiston kannattavuutta eri prosesseihin verrattuna.

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyö koostuu jauhekaarihitsauksen teoriasta ja käyttöönotettavan laitteiston esittelystä sekä laitteiston käyttöönoton suunnittelusta ja toteutuksesta. Lisäksi työssä käsitellään menetelmäkokeiden ja hitsausohjeiden tekeminen. Kannattavuuden vertailu on myös osa opinnäytetyötä.

Opinnäytetyössä suoritetaan Esab 460 C -jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotto. Jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotto sisältää laitteiston layout-suunnittelun ja laitteiston asennuksen. Työn aikana perehdytään menetelmäkokeiden ja hitsausohjeiden tekemiseen jauhekaaren käytettävyyden mahdollistamiseksi.

1.2 OMP Konepaja Oy

OMP Konepaja Oy on Oulussa sijaitseva konepaja, joka suorittaa tilaukset suunnittelusta lopputoimitukseen asti asiakkaan toivomuksien ja vaatimusten mukaisesti. OMP Konepaja Oy on osa OMP Group -konsernia. OMP Group kunnostaa ja valmistaa tuotteita energia-, teräs-, offshore-, kaivos-, kemian-, rakennus- ja elintarviketeollisuuteen. (Palvelut. 2020.)

OMP Konepajan toimitilat sijaitsevat Oulussa, missä konepajalla on suurella nostokapasiteetilla varustettu 1 700 m² halli. Nostotehoa konepajalla on yhteensä 64 000 kg. Konepajalla työskentelee työntekijöitä suunnitteluosa-alueella, tuotannon toimihenkilöinä ja konepajatyöntekijöinä. Lisäksi konepajalla työskentelee työntekijöitä myös asennusosastolla. Yhteensä konepajalla on työntekijöitä noin

25 henkilöä. OMP Konepajalla on lisäksi kattava alihankintaverkosto. (Palvelut. 2020.)

2 JAUHEKAARIHITSAUS

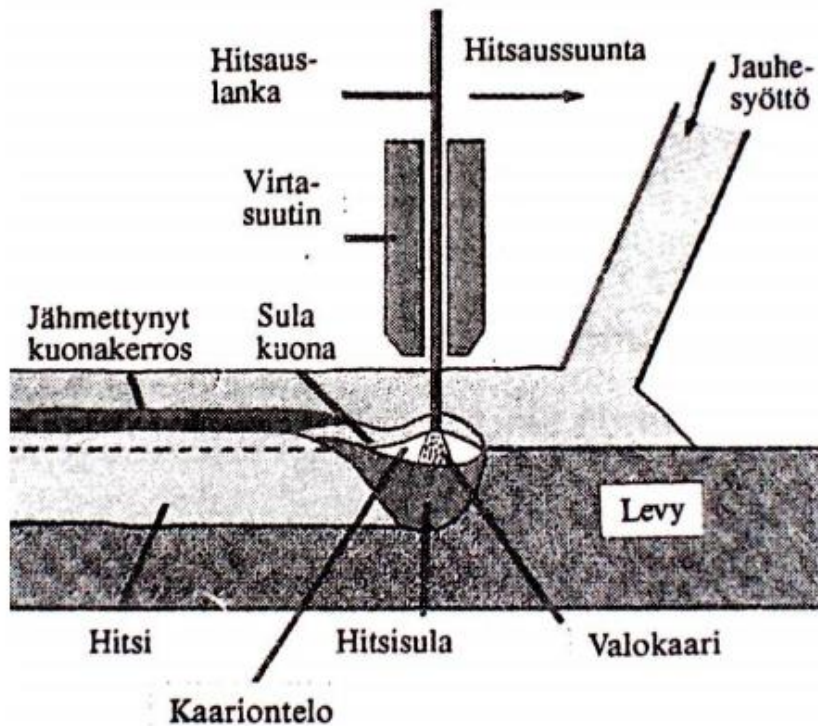
Jauhekaarihitsauksen yleinen lyhenne SAW tulee englanninkielisestä sanasta submerged arc welding. Jauhekaarihitsaus on ympäristöystävällinen hitsausprosessi, jolla saadaan suuri hitsiainetuotto. Jauhekaarihitsauslaitteet tunnetaan niiden toimintavarmuudesta. (Lukkari 1986, 3.)

2.1 Jauhekaarihitsauksen historia

Jauhekaarihitsaus kuuluu vanhimpiin hitsausprosesseihin, jotka ovat vielä nykypäivänäkin yleisessä käytössä. Jauhekaarihitsauksen syntyyn on kaksi ajankohdtaa: vuosi 1930 ja vuosi 1936. Vuonna 1930 amerikkalaiset Robinof, Paine ja Quillen saivat patentin jauhekaarihitsaukselle. Jauhekaarihitsauksen patentin ovat saaneet Yhdysvalloissa myös Jones, Kennedy ja Rotemund vuonna 1936. Jauhekaarihitsaus on alkuajoistaan lähtien kehittynyt paljon laitteiden, prosessin ja hitsausaineiden puolella. (Lukkari 2002, 126.)

2.2 Jauhekaarihitsauksen perusteet

Jauhekaarihitsaus on kaarihitsausprosessi. Jauhekaarihitsauksessa suoja-aineena käytetään jauhetta suojaamaan hitsiä ilman vaikutukselta. Hitsausprosessin aikana kuonakerros syntyy hitsauksessa käytettävästä jauheesta, joka sulaa hitsin pintaan, luomalla kiinteän kuonakerroksen jäähtyessään. Kuonakerros poistetaan hitsauksen pinnasta hitsin jälkeen. Jauhekaarihitsauksen aikana valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välissä jauheen alla, jolloin valokaari ei myöskään aiheuta ympäristölle haittaa. Ylimääräinen jauhe kerätään talteen ja käytetään uudestaan syöttämällä se takaisin laitteiston kiertoon. Hitsausprosessi on kuvassa 1. Jauhekaarihitsaus suoritetaan lähes poikkeuksetta mekaanisesti liikuttamalla suutinta laitteistolla tai kappaletta tähän tarkoitetuilla apuvälineillä. (Lukkari 2002, 126.)



KUVA 1. Jauhekaarihitsausprosessi kuvattuna (Lukkari 2002, 121)

2.3 Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat

Jauhekaarihitsauslaitteiston käyttö on yksinkertaista sekä jauhekaarihitsauksen käyttöaste on laaja. Prosessilla saadaan hitsattua sekä ohuet että paksut levyt. Jauhekaarihitsauksen yleisimmät hitsattavat materiaalit ovat rakenne-, ruostumattomat-, haponkestävät- ja kuumalujateräkset. (Lukkari 1986, 10.)

Jauhekaarihitsaus mahdollistaa suuren tunkeuman hitsauksessa, mikä pienentää hitsausrillon esivalmistustyötä. Tämä vaikuttaa myös lisäaineen määrään vähentämällä lisäaineen kulutusta, mikä tuo taloudellista etua. Työympäristöön vaikuttava etu on valokaaren palaminen jauheen alla, näkymättömissä. Tämä vähentää ympäristöhäiriötä. (Lukkari 1986, 10.)

Jauhekaarihitsauksen haittana on muun muassa menetelmän rajoitetut asento- ja hitsausmahdollisuudet. Hitsausprosessin haittana on myös ”sokkona hitsaus” eli hitsausmaata ei näe hitsauksen aikana, koska hitsaus tapahtuu hitsausjauheen alla. Laitteiston investointi on myös kallista. Näiden haittojen lisäksi, haittana on myös kappaleiden tiukat rillon- ja sovitustarkkuusvalmistusten vaatimukset. (Lukkari 1986, 10.)

3 JAUHEKAARIHITSAUKSEN KÄYTTÖKOHTEET JA PROSESSISOVELLUTUKSET

Jauhekaarihitsauksella on useita eri käyttökohteita eri teollisuuden aloilla. Laajat prosessisovellutukset lisäävät jauhekaaren käyttömahdollisuuksia. Tässä osiossa on kerrottu esimerkkejä käyttökohteista sekä jauhekaarihitsauksen eri prosessisovellutuksista.

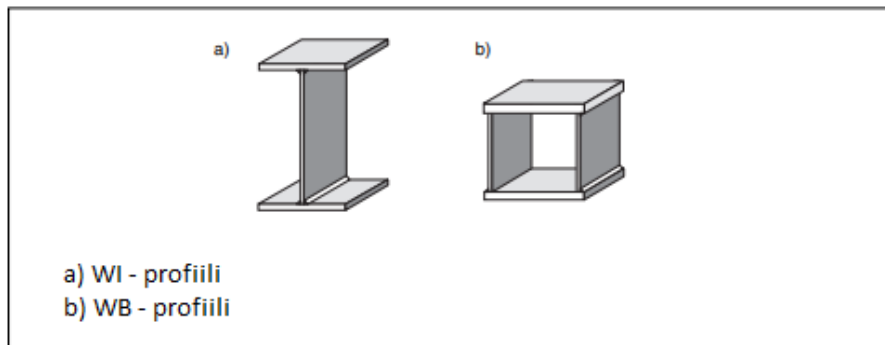
3.1 Käyttökohteet

Jauhekaarihitsauslaitteisto soveltuu pääasiassa keskiraskaaseen ja raskaaseen konepajateollisuuteen. Käyttökohde-esimerkkejä on taulukossa 1. (Lukkari 2002, 126.)

TAULUKKO 1. Esimerkkikohteet jauhekaarihitsaukselle (Lukkari 2002, 126–130)

| Teollisuus | Käyttökohteet | Liitosmuoto |
|-------------------|--------------------------------|--|
| Putkiteollisuus | Putket, kierresaumaputket | Pituussuuntaiset saumat, päittäisliitokset |
| Säiliön valmistus | Kemikaalisäiliöt, painesäiliöt | Pituussuuntaiset saumat, päittäisliitokset |
| Nosturiteollisuus | Puomit, teräsprofiilit | Piena- ja päittäisliitokset |
| Laivan valmistus | Lohkot, levyt | Piena- ja päittäisliitokset |

Hitsattujen teräsprofiilien käyttö on yleistä nosturien, siltojen ja pilareiden teräsrakenteissa. Kuvassa 2 on esitetty kaksi erilaista hitsattua teräsprofiilia. WI-profiili on yleisin käytetty hitsattu teräsprofiili. WB-profiili on koteloprofiili, jota käytetään yleisesti pilareissa sekä palkkina. Hitsatuista palkeista löytyy useita eri variaatioita käyttökohteen mukaan. (Ongelin–Valtonen 2010, 11.)

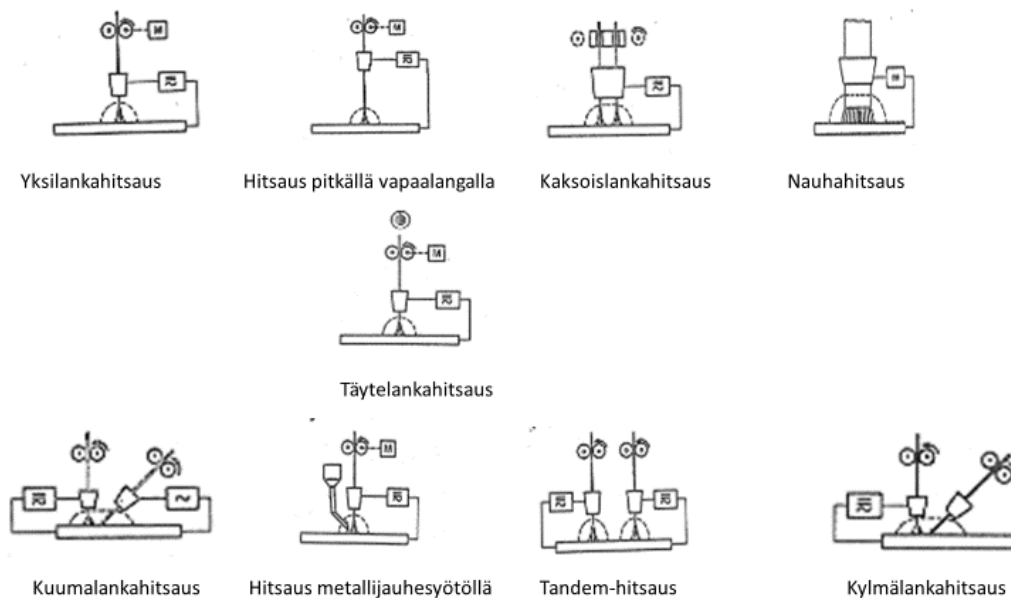


KUVA 2. Hitsattujen profiilien poikkileikkauksia (Ongelin–Valtonen 2010, 11)

3.2 Prosessisovellutukset

Jauhekaarihitsauksen prosesseja on paljon erilaisia (kuva 3). Prosessien käytettävyys on riippuvainen valmistettavan kappaleen mitoista, paksuudesta ja hitsin käyttötarkoituksesta. Hitsausprosesseja ovat muun muassa seuraavat:

- hitsaus pitkällä vapaalla langalla
- kaksoislankahitsaus
- tandemhitsaus
- hitsaus käyttäen metallijauheen syöttöä
- kuumalankahitsaus
- kylmälankahitsaus
- hitsaus täytelangalla
- nauhahitsaus.



KUVA 3. Hitsausprosesseja (Lukkari 2002, 134)

Hitsaus pitkällä vapaalla langalla tarkoittaa hitsausta normaalia pidemmällä vapaalla langalla. Langan pituus on normaalisti 20–40 mm, enintään 10 x langan paksuus. Vapaalla langalla hitsaamisen tuottavuus perustuu pitkän vapaan langan esikuumentumiseen, jolloin lanka sulaa nopeammin. Hitsausaineentuotto kasvaa noin 20–50 %. (Lukkari 2002, 121–140.)

Kaksoislankahitsaus tarkoittaa hitsausvirran johtamista kahteen lankaan, joita syöttää yksi yhteinen langansyöttäjä. Hitsauslankana käytetään ohuempia lankoja kuin yksilankahitsauksessa. Hitsausprosessin etuja ovat pienempi hitsausenergia ja halvemmat laitteet. Prosessi sopii myös pienille a-mitoille. (Lukkari 2002, 121–140.)

Tandemhitsaus tarkoittaa myös kahdella langalla hitsausta, mutta tandemhitsauksessa käytetään omaa virtalähdettä kummallakin langoilla sekä omia langansyöttö- ja ohjauslaitteistoja. Langan paksuudet ovat esimerkiksi 4,0 mm + 4,0 mm ja sitä paksumpia lankoja. Hitsauslangat voidaan asettaa niin, että ensimmäisellä langalla saadaan hyvä tunkeuma ja toisella langalla saadaan hyvä hitsauspalonlevitys. (Lukkari 2002, 121–140.)

Hitsaus käyttäen metallijauheen syöttöä tarkoittaa hitsausta, jolla saadaan lisättyä hitsiaineen määrää, syöttämällä lisäainetta jauheena railoon. Tällä prosessilla saadaan lisättyä hitsiaineentuottoa jopa 80 %. (Lukkari 2002, 121–140.)

Kuumalankahitsaus tarkoittaa ohuen, 1,6–2,4 mm, langan syöttämistä hitsauspään etupuolella oikosulussa, jolloin hitsauslanka on punahehkussa vastuslämmönvaikutuksesta. Kuumalanka tarvitsee oman virtalähteen, joka toimii muuntajana pienellä virralla. Hitsiaineentuottoa saadaan nostettua kuumalankahitsauksella pienellä energian kulutuksella. (Lukkari 2002, 121–140.)

Kylmälankahitsauksessa syötetään kylmää lankaa kaarilangan kanssa samalla syöttömootorilla. Kylmälanka sulaa kaarilangan lämmöstä, joten kylmälangalla ei ole omaa virtalähdettä. (Lukkari 2002, 121–140.)

Hitsaus täytelangalla on prosessi, joka perustuu samoihin ominaisuuksiin kuin MAG-hitsauksen täytelankojen ominaisuudet. Täyteaineella langan sisällä saadaan tuotettua enemmän hitsauslisäainetta kuin umpilangalla. (Lukkari 2002, 121–140.)

Nauhahitsauksella tarkoitetaan syötettävän lisäaineen muotoa, joka on nauhaista esimerkiksi 0,5 x 60 mm. Nauhahitsauksessa valokaaren palaminen ei tapahdu yhtäaikaaisesti nauhan koko matkalla, vaan paikallisesti eri kohdissa. (Lukkari 2002, 140.)

4 JAUHEKAARIHITSAUKSEN HITSAUSLISÄÄINEET JA -JAUHEET

Valittaessa soveltuvaa hitsauslisäainelankaa vaadittavina kriteereinä ovat hitsiaineen lujuus- ja iskutkeysominaisuudet hitsatussa kappaleessa sekä korroosionkestävyys. Korroosionkestävyys on yksi tärkeistä kriteereistä. Hitsausjauheen valinta voi asettaa myös rajoituksia langan valinnalle, koska jauheen puuttuvat ominaisuudet on paikattava langan ominaisuuksilla.

4.1 Hitsausjauheet

Jauhekaarihitsauksessa käytettävän jauheen koostumus on raemainen. Jauhe on helposti sulavaa ja alkuperältään mineraalista ja metallista jalostettua. (Lukkari 2002, 144.)

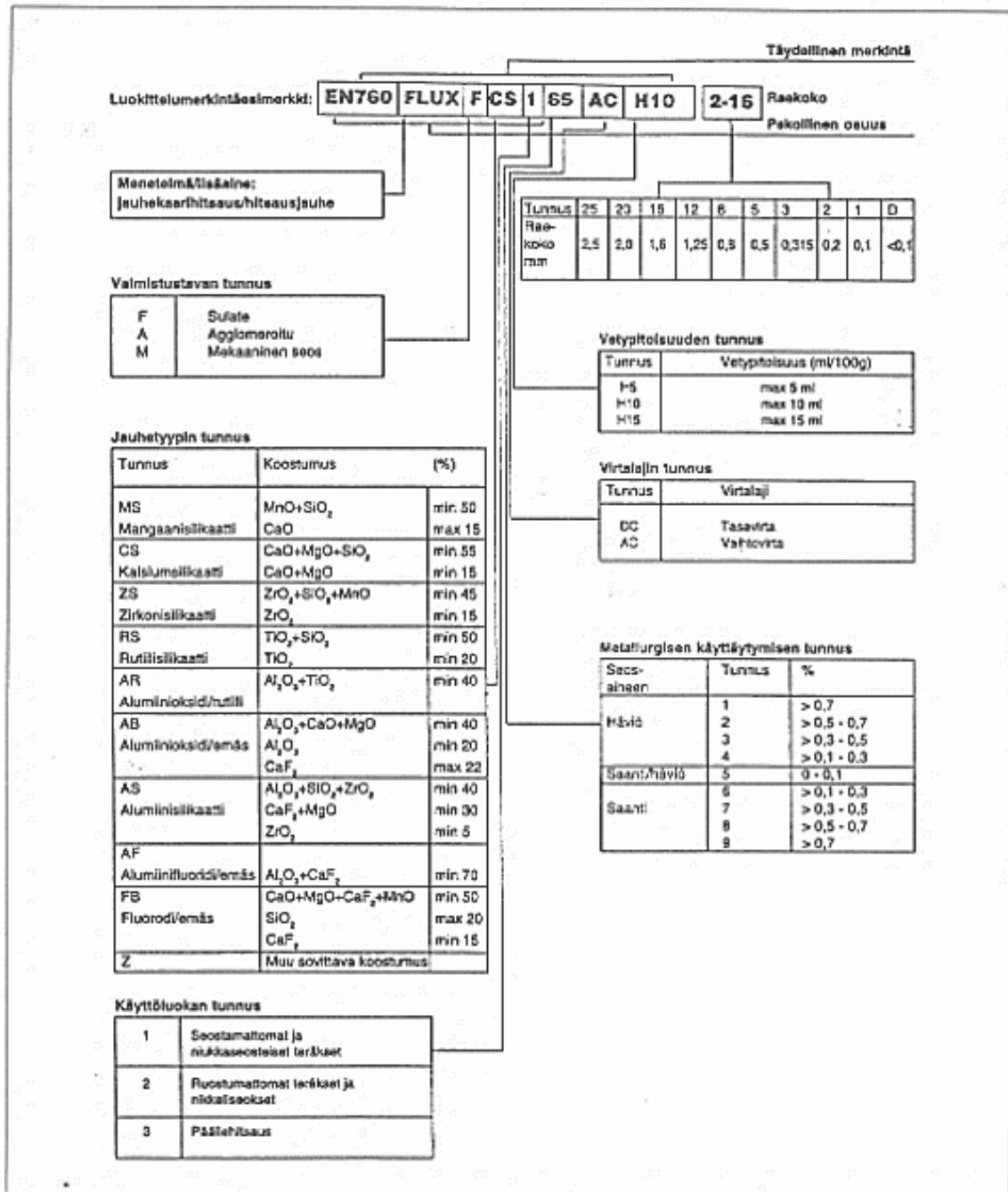
Hitsausjauhe on ratkaiseva tekijä hitsauksen laadussa ja lopullisessa hitsauksen tuloksessa. Hitsausjauheen päätarkoitus on suojata sulaa hitsiä hitsausprosessin aikana sekä hitsisulan muotoilussa. Hitsausjauheenkulutus voidaan sanoa olevan karkeasti 1 kg jauhetta / 1 kg lankaa. (Lukkari 1986, 98.)

Hitsausjauheelta vaaditaan seuraavia asioita:

- hitsin muoto, sileys ja symmetrisyys
- vaadittujen mekaanisten ominaisuuksien toteutuminen oikein valitun langan kanssa
- huokosten muodostumisen ehkäiseminen
- rakeiden lujuus ja uudelleen kierrätettävyys
- yhtenäisen, helposti irtoavan kuonakerroksen muodostaminen
- taloudellinen jauheen kulutus.

Yhtä ainutta hitsausjauhetta ei ole, joka voisi toteuttaa kaikki edellä mainitut ominaisuudet. Tämän vuoksi on kehitettävä koko ajan uusia jauhetyppejä, jotka palvelevat hitsausprosessin tarkoitusta mahdollisimman hyvin. (Lukkari 2002, 144.)

Hitsausjauhetta voi hyvin verrata puikkohitsauksen päällysteeseen, joka suojaa puikkohitsauksessa sulahitsiä (Lukkari 1986, 98). Hitsausjauheiden luokittelu-merkinnästä voidaan nähdä kaikki olennainen jauheen koostumuksesta. Jokainen hitsausjauhe on luokiteltu luokittelumerkinnällä. Seuraavasta kuvasta 4 voidaan nähdä, mitä luokittelumerkinnän selitykset tarkoittavat. (Lukkari 2002, 146.)



KUVA 4. Hitsausjauheiden luokittelu koostumuksen perusteella, SFS-EN 760 (Lukkari 2002, 146)

Jauheiden erilaiset kemialliset koostumukset vaikuttavat jauheiden ominaisuuksiin hitsiaineessa ja hitsausominaisuuksissa (Lukkari 1986, 100–104). Taulukossa 2 on esitetty esimerkkiominaisuuksia eri jauhetyypeille.

TAULUKKO 2. Esimerkkejä jauheiden ominaisuuksista (Lukkari 1986, 100–104)

| Jauhetyyppi | Mangaani-silikaatti | Kalsium-silikaatti | Alumiiniok-sidi/rutiili | Alumiini-oksidi, emäs | Fluoridi/Emäs |
|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|
| Tunnus | MS | CS | AR | AF | FB |
| Hitsattavuus AC | *** | **** | ***** | **** | - |
| Kuonan irtoaminen | *** | **** | ***** | **** | *** |
| Halkeamiskestävyys | ***** | ***** | ***** | **** | *** |
| Mekaaniset ominaisuudet | *** | *** | *** | **** | ***** |
| Hitsausnopeus | **** | **** | ***** | **** | *** |
| Selite | Normaali *** | Hyvä **** | Todella hyvä ***** | Huono - | |

Hitsausjauheiden varastointi on tärkeä osa hitsin laadun varmistamisessa. Hitsausjauheet imevät itseensä todella helposti kosteutta, minkä vuoksi jauheiden varastointi on tärkeä osa jauhekaarihitsausta. Hitsausjauheet tulee säilyttää lisäaineiden säilytykseen tarkoitettussa tilassa, jossa saadaan pidettyä olosuhteet kuivana ja lämpötila tasapainoisena. (Lukkari 2002, 149.)

4.2 Hitsauslangat

Seostamattomat ja niukkaseosteiset langat ovat saatavissa jauhekaarihitsaukseen todella laajalla valikoimalla. Lankatyyppejä on tarjolla eri ominaisuuksilla

niin paljon, koska langan ja jauheen yhteensopivuus eri ominaisuuksien saavuttamiseksi on haastavaa jauhekaarihitsauksessa. (Lukkari 1986, 92.)

Yleisimmät langan paksuudet ovat 1,6 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm ja 6,0 mm. Yleisin käytetty langan paksuus on 4,0 mm, koska langan paksuus soveltuu yleisimmin käytetyille materiaalipaksuuksille. Langat valmistetaan samalla tavalla kuin MAG-hitsauksen hitsauslangat, vetämällä paksusta valssilangasta. Hitsauslangat ovat hyvin usein kuparoituja virtakosketuksen ehkäisemiseksi ja langan syöttökitkan pienentämiseksi. (Lukkari 1986, 92.)

Kuvassa 5 on esitetty hitsausvirta-alueet ja hitsiaineentuotot eri langan paksuuksille perinteisellä yksilankahitsauksella. Eri hitsauslankojen paksuuksilla on omat käytettävät virta-alueensa. Hitsausvirran valitsemiselle on olemassa yksinkertainen peukalosääntö: Hitsausvirta (A) = noin 100–200 x langan halkaisija (mm). (Lukkari 2002, 144.)

| Hitsaus- virta (A) | Langanhalkaisija (mm) | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-----|------|------|------|------|
| | 2 | 2,5 | 3,2 | 4 | 5 | 6 |
| | Hitsiaineentuotto (kg/h) | | | | | |
| 300 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | | | |
| 400 | 5,2 | 4,9 | 4,6 | 4,6 | | |
| 500 | 7,4 | 6,8 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,7 |
| 600 | 10,3 | 9,5 | 7,4 | 6,8 | 6,8 | 6,8 |
| 700 | | | 9,2 | 8,7 | 8,2 | 8,2 |
| 800 | | | 11,4 | 10,6 | 9,8 | 9,8 |
| 900 | | | | 12,0 | 11,7 | 11,7 |
| 1000 | | | | | 13,9 | 13,9 |
| 1100 | | | | | 16,1 | 16,1 |
| 1200 | | | | | 18,8 | 18,8 |
| 1300 | | | | | | 21,8 |

KUVA 5. Hitsauslankojen virta-alueet (tasavirta ja +/- -napa) ja hitsiaineentuotot yksilankahitsaukselle (Lukkari 2002, 144)

5 JAUHEKAARIHITSAUKSEN HITSAUSKUSTANNUKSET JA KANNATTAVUUS

Hitsauksen kustannukset ovat tuottavan tuotannon tärkeä osa. Hitsattavien tuotteiden valmistus tulee olla kannattavaa. Hitsauskustannukset kertovat mitkä tekijät vaikuttavat hitsauksen kannattavuuteen. Hitsauksen kustannuksista täytyy nyky päivän kilpailun takia olla hintatietoinen. Kilpailu urakoista tiukentuu taantumien myötä ja pienetkin kustannussäästöt vaikuttavat urakoiden saamiseen.

5.1 Hitsauskustannukset

Hitsauskustannukset täytyy huomioida seuraavien syiden takia:

1. päästään kilpailukykyisiin hinnoitteluihin
2. saadaan hitsauksesta kannattavaa yritykselle
3. saadaan tuotteen reaalinen kustannusrakenne.

Hitsauskustannuksiin vaikuttavat työkustannukset sekä hitsauslisäaineet, hitsausjauheet, konekustannukset ja energiakustannukset. Hitsauskustannusten laskentaan löytyy kattavasti erilaisia kaavoja ja lisäaineiden arvoja, joilla saadaan laskettua teoreettiset hitsauskustannukset. (Lukkari 2006, 8.)

Seuraavia kaavoja voidaan käyttää jauhekaarihitsauksen kustannuksien laskemiseen (Lukkari 2006, 8).

Työkustannukset (K_T) lasketaan kaavalla 1 (Lukkari 2006, 8).

$$K_T = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_T \quad \text{KAAVA 1}$$

K_T = työkustannukset (€/m)

M = hitsiaineen määrä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte

H_T = työtunnin tuntihinta (€/h)

Hitsauslisäainekustannukset (K_L) lasketaan kaavalla 2 (Lukkari 2006, 8).

$$K_L = M \times \frac{H_L}{N} \quad \text{KAAVA 2}$$

K_L = hitsauslisäainekustannukset (€/m)

M = hitsiaineen määrä (kg/m)

H_L = lisäaineen ostohinta (€/kg)

N = hyötyluku/riittoisuus

Jauhekustannukset (K_J) lasketaan kaavalla 3 (Lukkari 2006, 8).

$$K_J = M \times J \times K_H \quad \text{KAAVA 3}$$

K_J = jauhekustannukset (€/m)

M = hitsiaineen määrä (kg/m)

J = jauheen kulutus (kg/hitsiainekilo)

K_H = jauheen ostohinta (€/kg)

Energiakustannukset (K_E) lasketaan kaavalla 4 (Lukkari 2006, 8).

$$K_E = M \times E \times H_E \quad \text{KAAVA 4}$$

K_E = energiakustannukset (€/m)

M = hitsiaineen määrä (kg/m)

E = energiankulutus (kWh/hitsiainekilo)

H_E = energian hinta (€/kWh)

Konekustannukset (K_K) lasketaan kaavalla 5 (Lukkari 2006, 8).

$$K_K = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_{KT} \quad \text{KAAVA 5}$$

M = hitsiaineen määrä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte

H_{KT} = koneen tuntihinta (€/h)

Koneen tuntihinta (H_{KT}) lasketaan kaavalla 6 (Lukkari 2006, 8).

$$H_{KT} = (H_h \times (\frac{1}{T_P} + \frac{p}{2 \times 100} + Y) \times \frac{1}{T_K} \quad \text{KAAVA 6}$$

H_{KT} = koneen tuntihinta (€/h)

H_h = koneen ostohinta (€)

T_P = koneen poistoaika (v)

p = pääoman korkoprosentti (%)

Y = vuosittaiset kunnossapitokustannukset (€)

T_K = koneen vuosittainen käyttöaika (h)

Kaavojen 1–6 avulla on laskettu esimerkkilaskelma hitsauskustannuksille (€/m). Esimerkkilaskelmassa käytetyt arvot on esitetty taulukossa 3 ja laskelma taulukossa 4. Esimerkki hitsauskustannukselle on laskettu 60° v-railohitsille, 20 mm levypaksuudella. Kokonaiskustannuksiksi saadaan kustannuksiksi laskelmien perusteella 24,93 €/m.

TAULUKKO 3. Laskennassa käytettävät arvot

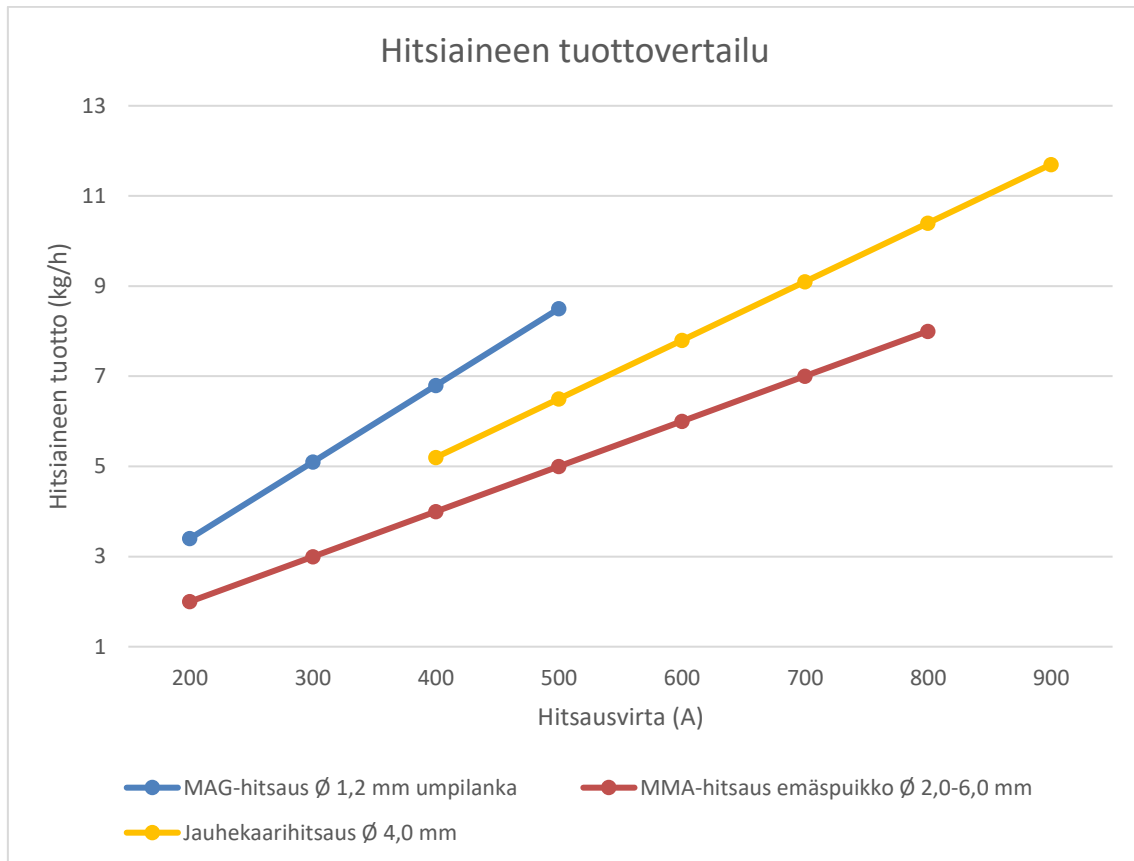
| Nimike | Määrä | Yksikkö |
|---|--------|--------------|
| Levyn paksuus | 20 | mm |
| Menetelmä (jauhekaarihit-saus umpilanka 4,0 mm) | 4 | mm |
| Hitsiainemäärä (hitsi 60° v-railo) | 1,94 | kg/m |
| Hitsausvirta | 650 | A |
| Kaarijännite | 60 | V |
| Hitsausainetuotto | 10 | kg/h |
| Hitsausnopeus | 60 | cm/min |
| Paloaikasuhte | 70 | % |
| Työtunnin hinta | 32 | €/h |
| Lisäaineen ostohinta | 3 | €/kg |
| Riittoisuus | 96 | % |
| Energiankulutus | 3 | kWh/kg |
| Energian hinta | 0,05 | €/kWh |
| Hitsauskoneen hankinta | 42 000 | € |
| Koneiden kuoletus | 5 | v |
| Kunnossapito | 1000 | €/v |
| Jauheen kulutus | 1 | kg/hitsikilo |
| Jauheen hinta | 4 | €/kg |
| Koneen tuntihinta | 14,38 | €/h |

TAULUKKO 4. Kaavojen avulla lasketut arvot

| Nimike | Määrä | Yksikkö |
|--------------------------|-------|---------|
| Työ | 8,87 | €/m |
| Lisäaine | 6,06 | €/m |
| Jauhekaaren kustannukset | 7,76 | €/m |
| Konekustannukset | 1,15 | €/m |
| Energia | 0,29 | €/m |

5.2 Kannattavuus

Tässä luvussa on vertailtu esimerkin omaisesti jauhekaarihitsauksen kannattavuutta, suhteessa MIG/MAG- ja MMA -hitsauksiin. Seuraavassa kuvassa 5 esitellään jauhekaarihitsauksen hitsausainetuottoa (kg/h) verrattuna edellä mainittuihin prosesseihin.



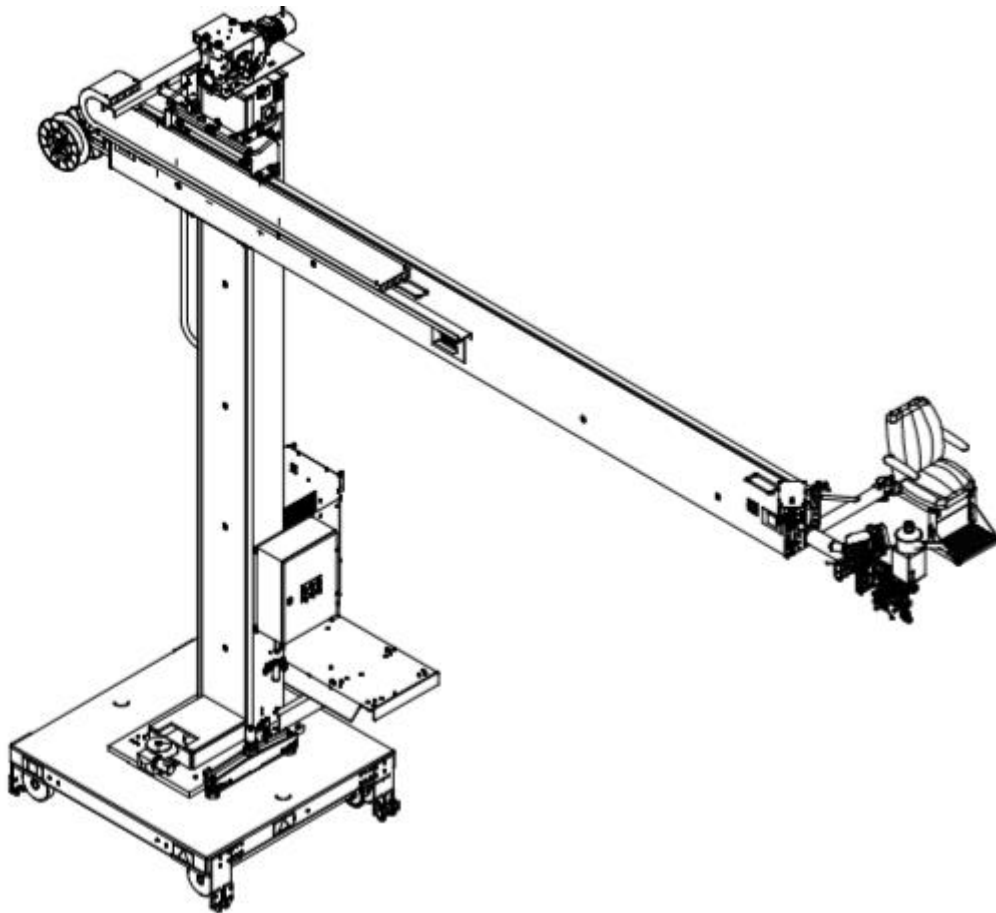
Kuva 6 Hitsiaineen tuottovertailu (Lukkari 2008, 11)

Kuvan käyrien perusteella voidaan sanoa, että hitsiaineentuotto on riippuvainen käytettävästä hitsausmenetelmästä sekä lisäaineesta, lisäaineen halkaisijasta ja hitsausvirrasta. Jauhekaarihitsauksessa suuri hitsiaineentuotto saadaan, kun käytetään lankoja, joiden halkaisija on suuri, sekä kun käytettävä hitsausvirta kasvaa. Vertailtaessa hitsausprosesseja keskenään täytyy muistaa, että jauhekaarihitsausprosessi soveltuu tyypillisesti paksujen aineiden hitsausmenetelmäksi. Jauhekaarihitsausprosessin kannattavuus perustuu suurempiin saavutettaviin hitsiaineen tuottomääriin. (Lukkari 2008, 10–13.)

6 JAUHEKAARIHITSAUSLAITTEISTO

Yritys on hankkinut Esab CaB 460C 4,95 x 6 MTR -jauhekaarihitsauslaitteiston. Jauhekaarihitsaustorni on räätälöity ostovaiheessa jauhekaarihitsaustornin tilaajan tuotannon tarpeiden mukaan. Yrityksen laitteisto on hankittu käytettynä. Hankittu jauhekaarihitsaustorni on valmistettu vuonna 2005 laitteiston aiemman omistajan tarpeisiin.

Hitsaustornin tämän hetkinen langansyöttöprosessi on perinteinen yksilankamenetelmä 4 mm:n langalla. Jauhekaaren käyttöönotto luo yritykselle mahdollisuuden valmistaa esimerkiksi pyörähdyskappaleita ja suurempia palkkirakenteita tuotantotehokkaasti. Laitteisto on esitetty kuvassa 7.

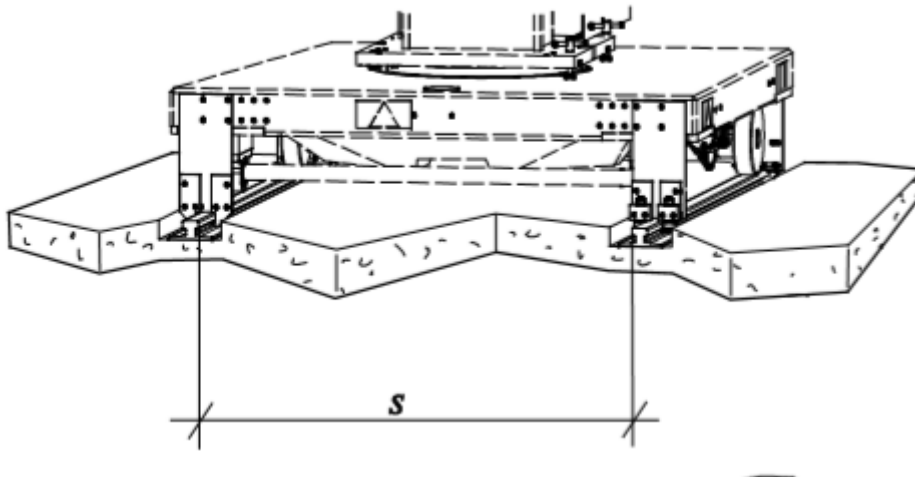


KUVA 7. CaB 460C Esab -hitsaustorni (4.95x6.0) (CaB 460 C. 2005, 1)

Jauhekaarihitsauslaitteiston pääkomponentit esitellään lyhyesti seuraavissa osiossa. Osiossa esitellään komponentit, jotka ovat olennaisia tämän projektin kannalta. Nämä komponentit ovat vaunu, pylväs, puomi ja virtalähde sekä ohjausyksikkö.

6.1 Vaunu

Jauhekaarihitsauslaitteiston "vaunu" kulkee kahdella kiskolla. Kiskot ovat kiinnitettyinä lattiaan ankkureilla. Vaunua on saatavilla kaksi- tai nelivetoisena. Käyttöön otettavan jauhekaarihitsauslaitteiston vaunu on varustettu yhdellä vetävällä akselilla. Vaunun raideväli on asennettavassa jauhekaarihitsaustornissa 1 730 mm ja vaunun pyörät soveltuvat kiskon malleille SJ50, A65 tai A75. Määritettyjä kiskoja on käytettävä kaatumisenestolaitteiden sopivuuden vuoksi. Kaatumisenestolaitteet sijaitsevat vaunun jokaisessa kulmassa (kuva 8).

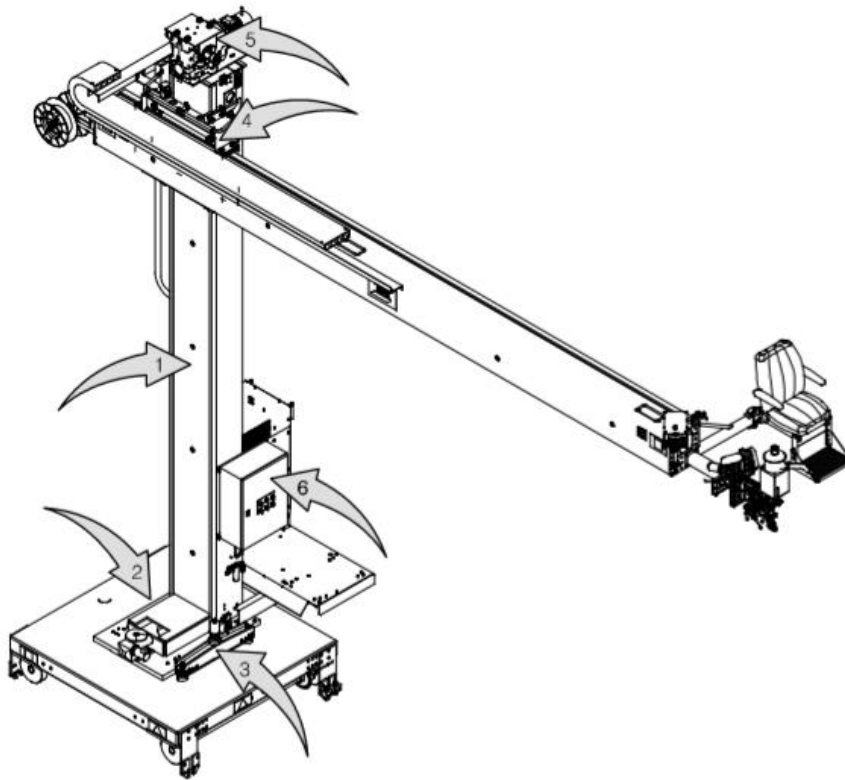


KUVA 8. Jauhekaarihitsauslaitteiston vaunu (CaB 460 C. 2005, 12)

6.2 Pylväs

Pylväs on asennettu jalustaan kuulalaakereilla, minkä ansiosta pylväs mahdollistaa puomin kääntymisen 360 astetta. Puomin kääntyminen on mekaanisesti rajoitettu siten, että puomi kääntyy 180 astetta kumpaankin suuntaan. Puomin alaosassa sijaitsee hydraulinen jarru, jonka avulla pylvään liike lukitaan.

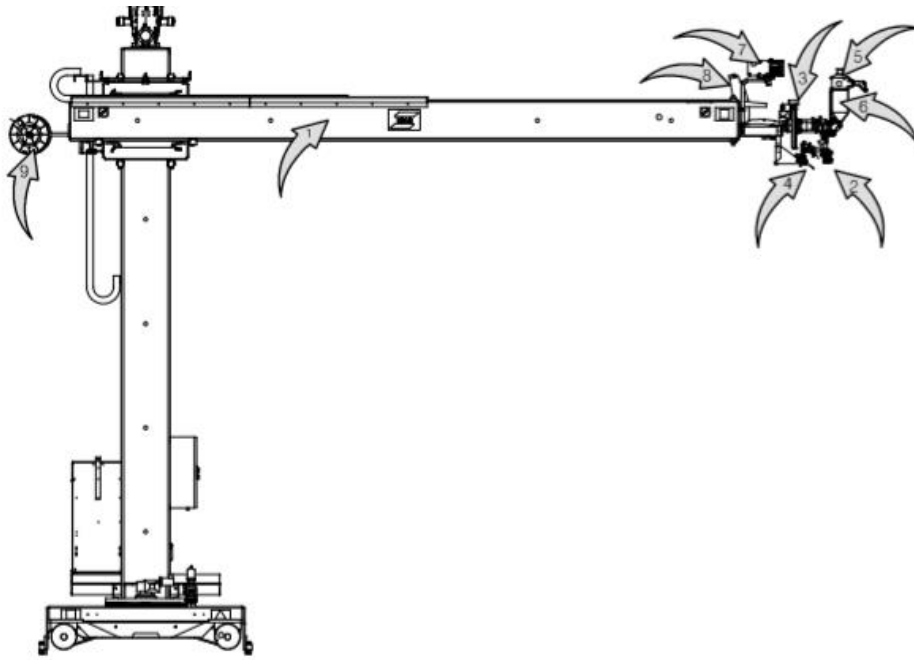
Pylväässä sijaitsee kytkentäkaappi ja päävirtakatkaisija. Kaapeliketjut on sijoitettu vaaka- ja pystypuomiin, vaaka- ja pystysuorien liikkeiden mahdollistamiseksi. Pylvään päässä sijaitsee päämoottori pystysuuntaisen liikkeen liikuttamiseen. Pylvään alustaan on myös sijoitettu muuntajalaitteisto. Pylväs on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Jauhekaarihitsauslaitteiston pylväs (CaB 460 C. 2005, 13)

6.3 Puomi

Vaakapuomin tärkeimmät komponentit ovat hitsauskärki, jauheenkierrätysjärjestelmä ja operaattorin hallintalaitteet. Langan spiraali kulkee vaakapuomin sisässä hitsauskärkeen. Vaakapuomi on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Vaakapuomi (CaB 460 C. 2005, 15)

6.4 Virtalähde ja ohjausyksikkö

Jauhekaarihitsauslaitteiston virtalähteenä käytetään Esabin LAF 1250 kauko-ohjattua 3-vaihevirtalähdettä. LAF 1250 -virtalähde on tarkoitettu MIG/MAG- ja jauhekaarihitsaukseen. Virtalähde on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. LAF 1250 DC -hitsausvirtalähde (LAF 1250 DC 2005, 1)

30

7 SUUNNITTELU

7.1 Käyttöönoton suunnittelu

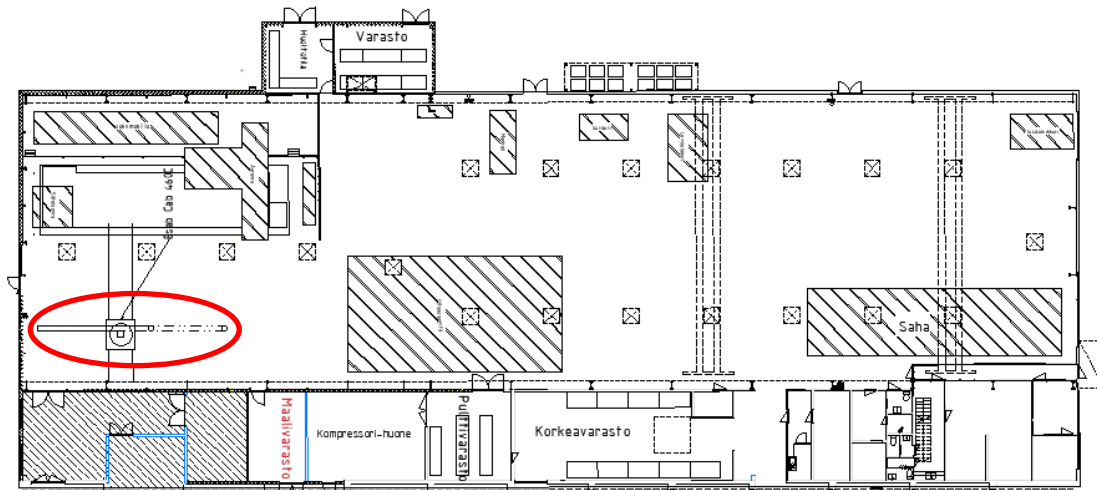
Ennen laitteiston pystyttämistä on kartoitettu vaihe vaiheelta mahdollisia ongelmakohtia, joita voi ilmetä laitteiston käyttöönotossa. Jauhekaaren käyttöönoton ja asennuksen suunnittelun yhteydessä suunniteltiin myös laitteiston kunnostusta vaativien varaosien hankinta.

Jauhekaaren käytettävyys määrittää hyvin pitkälti laitteiston sijainnin tuotantossa. Laitteen suuret liikeradat rajoittavat lopullista sijoittamista. Laitteiston täyden kapasiteetin takaamiseksi laitteiston sijainti täytyy olla optimaalinen.

7.2 Layout

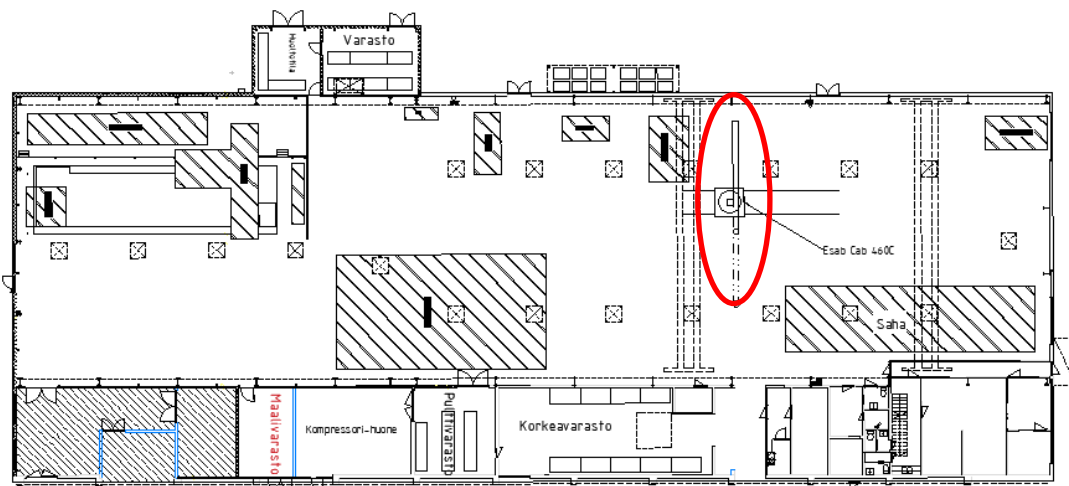
Layout on luotava heti projektin alussa laitteen käyttöönottamiseksi. Layoutin luominen mahdollistaa jauhekaarilaitteiston sovituksen tuotantoon. Täyden tuotantokapasiteetin saamiseksi täytyy suunnitteluvaiheessa käydä läpi monet eri sijoitteluvaihtoehdot. Kuvissa 13, 14 ja 15 on esitetty projektin aikana mietittyjä hitsauslaitteiston sijoituspaikkoja. Sijoituspaikka on ympyröity jokaisessa kuvassa punaisella.

Ensimmäinen sijainnin vaihtoehto on nähtävissä kuvassa 13. Sijainti osoittautui epäkäytännölliseksi, sillä kyseisessä sijoituspaikassa laitteiston ääriliikkeet rajoittuvat. Vaakapuomin liikkeet olisivat rajoittuneet takaseinän vuoksi sekä siltanosturin liikerata olisi pienentynyt noin 3 m.



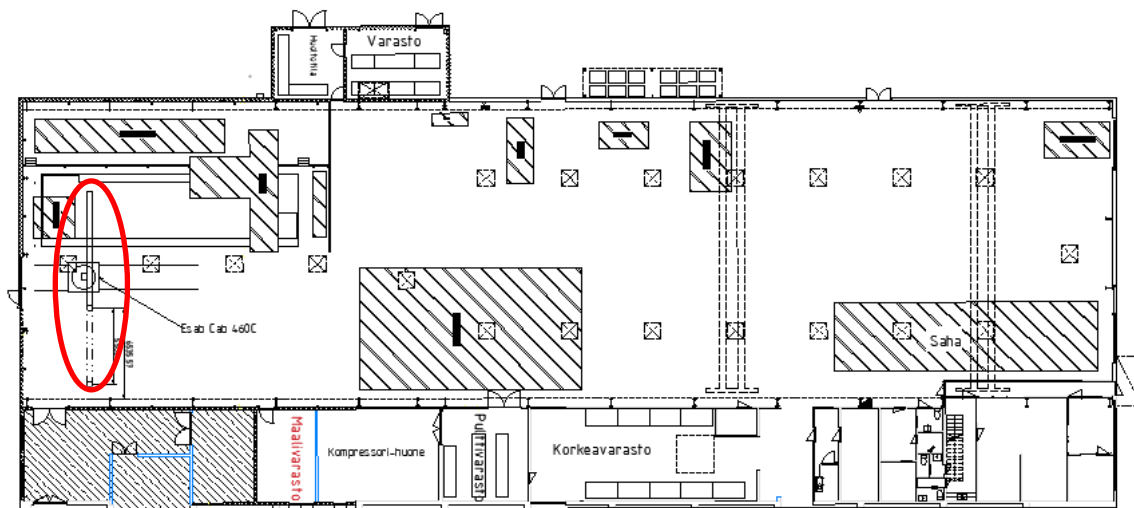
KUVA 13. Jauhekaarihitsauslaitteiston sijainti suhteessa tuotantotilaan variaatiossa numero 1

Toisena sijaintivaihtoehtona oli tuotantotilan etuosa (kuva 14). Sijainti osoittautui nopeasti huonoksi vaihtoehdoksi, sillä tuotanto olisi häiriintynyt merkittävästi jauhekaarihitsauslaitteiston vuoksi.



KUVA 14. Jauhekaarihitsauslaitteiston sijainti suhteessa tuotantotilaan variaatiossa numero 2

Pohdituista vaihtoehdoista, variaatio numero 3 (kuva 15), valikoitui parhaimmaksi. Kyseisessä vaihtoehdossa jauhekaarihitsaustorni on sijoitettu tuotannon takaosaan.



*KUVA 15. Jauhekaarihitsauslaitteiston sijainti suhteessa tuotantotilaan variaati-
ossa numero 3*

Vaihtoehdossa 3 sijainti oli paras, koska valitussa sijoituspaikassa laitteiston käyttö ei häiritse hallin muuta tuotantoa. Sijainti mahdollistaa myös laitteiston ääriliikeratojen käytön. Sijainnissa joudutaan ottamaan huomioon laitteiston tornin korkeus, sillä tornin korkeus on korkeampi kuin siltanosturin matalin kohta. Kun jauhekaarihitsauslaite ei ole käytössä saadaan se ajettua seinän viereen, jolloin laitteisto ei rajoita siltanosturin käyttöä.

Siltanosturin käyttöturvallisuuteen jouduttiin tekemään muutoksia jauhekaarihitsauslaitteiston sijoittamista varten. Turvallisuuden takaamiseksi siltanosturin ajopalkin olemassa olevat rajat siirrettiin jauhekaaren toiminta-alueelle. Nämä rajat rajoittavat siltanosturin liikettä jauhekaarilaitteiston vaikutusalueella käytön aikana.

7.3 Laitteiston käyttövirta

Tekniset tiedot laitteesta osoittavat käyttöalueen olevan 400/415/500 V. Tämä on muutettavissa kytkennöillä erillisen ohjeen mukaisesti. Virtalähteeseen on asetettu tehtaalla valmiiksi 400 V asetus. Tarvittava varoke on määritetty 100 A hitaaksi varokkeeksi, 400/415 V jännitteellä. Verkkokytentäkaapelin poikkipinta-

ala on oltava valmistajan ohjeen mukaisesti $3 \times 35 + 25 \text{ m}^2$. KytKentäohjeet löytyvät valmistajan manuaalista. Asennuksen saa suorittaa vain valtuutettu sähköasentaja. (LAF 1250 DC 2005, 34.)

Suunnitteluvaiheessa laitteiston määritetyn sijainnin vuoksi jouduttiin kaapelimaan ja asentamaan turvakytin, sekä käyttövirta lähemmäksi laitteistoa. Alkuperäinen keskuksen sijainti olisi vaikeuttanut kaapelointia merkittävästi.

7.4 Asennusvaiheet

Asennustyö eteni vaiheittain asennuksesta laitteiston käyttöönottoon asti. Asennuksen yhteydessä vaurioituneet osat kunnostettiin tai hankittiin uudet. Asennusvaiheen haasteena oli alkuperäisen koneen oman dokumentoinnin puuttuminen.

Dokumentaation hankkiminen tuotti työn edetessä haasteita, koska jokainen CaB-jauhekaarhitsauslaitteisto on yksilö ja torneja löytyy useita eri malleja. Dokumentaatio löytyi lopulta jauhekaaren tyyppikilven perusteella Esabin tehtaalta, Ruotsin Laxåsta. Dokumentaation toimitusaika oli pitkä ja sen saapuminen ajoitui projektin loppuun.

Asennusvaiheet tehtiin useassa eri vaiheessa. Asennusvaiheet ovat

1. ajokiskojen asennus
2. tornin vaunun asennus
3. pystyvuomin ja vaakavuomin asennus
4. energiasiirtoketjujen asennus
5. käyttövirtakeskuksien asennus
6. liikkeiden toiminnan varmistaminen.

8 JAUHEKAARIHITSAUSTORNIN ASENNUS

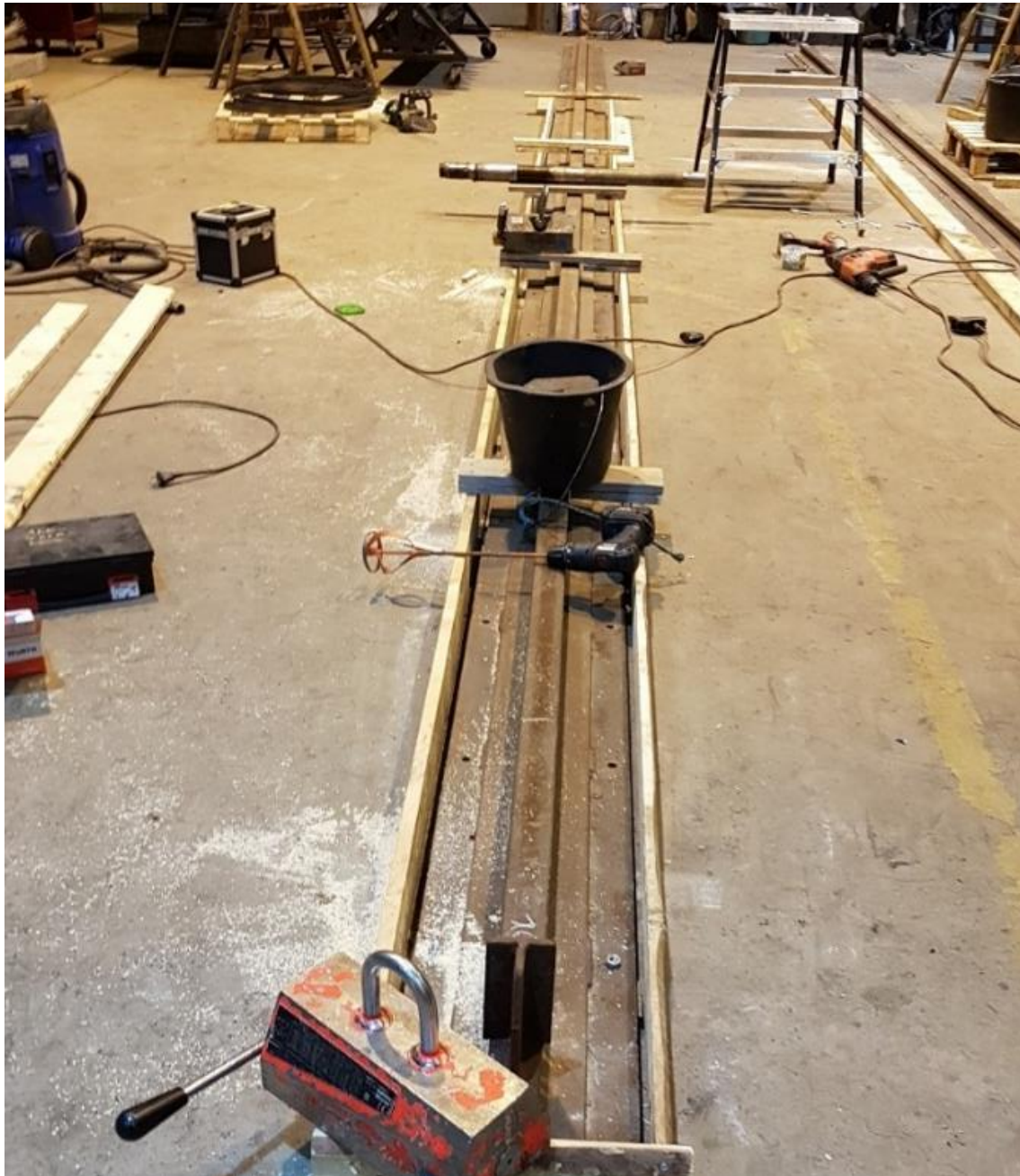
8.1 Ajokiskojen asennus

Asennus aloitetaan mitoittamalla jauhekaarihitsauslaitteiston paikka ja sijoittamalla ajokiskot layout-suunnitelmien mukaisesti. Ajokiskojen korko mitoitetaan tarkasti käyttäen pyörivää korkolaseria. Ajokiskon linjaus ja korkoasema täytyy mitoittaa tarkasti tasaisen liikkeen saavuttamiseksi. Kiskon korko määritetään kiskon korkeimmalta kohdalta, jossa kiskon pinta on lähimpänä lattian pintaa. Korkeimmalta kohdalta saadulla korolla kisko asennetaan koko matkalla samaan korkoon, käyttäen sopivan paksuisia simmilevyjä. Kuva 16 on otettu asennettaessa kiskoa oikeaan korkoon. Kuvasta on nähtävissä simmilevyt, joiden avulla kisko on saatu asettumaan oikeaan korkoon.



KUVA 16. Kiskojen korkoon asentaminen

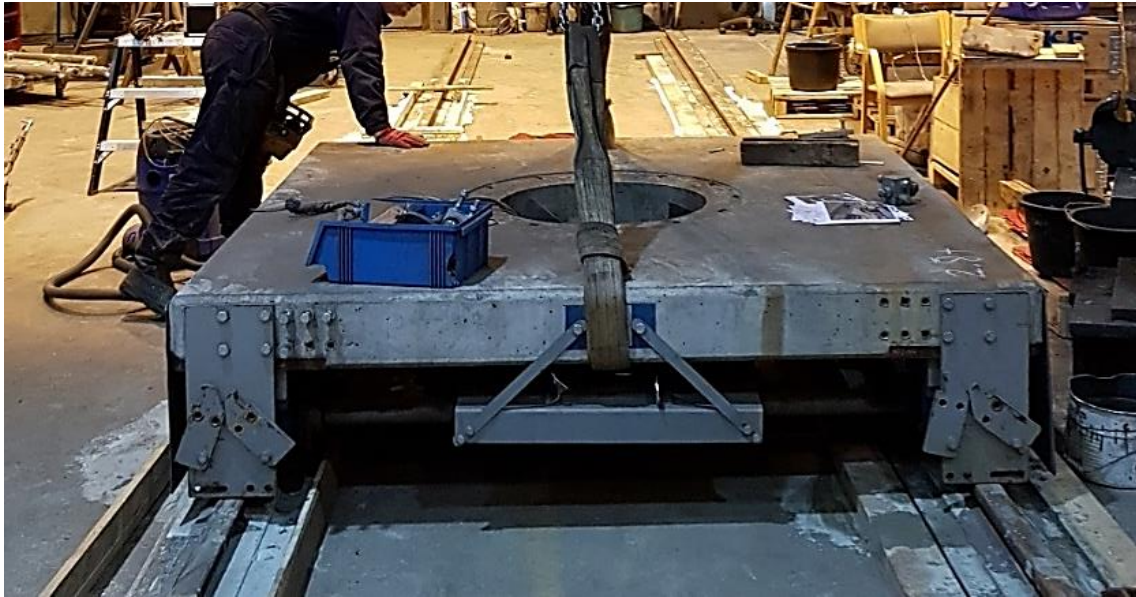
Kun kiskot on linjattu ja oikea korko saavutettu, rakennetaan kiskojen ympärille muotti valua varten. Valussa juotoslaasti kaadetaan muottiin, jonka jälkeen juotoslaasti jähmettyy. Kiskoille suoritetaan jälkivalu Weber vetonit JB 1000/3 -juotoslaastilla, joka on tarkoitettu vaativiin tarkkuusvaluihin. Kuvassa 17 on kiskot jälkivaluvaiheessa. Jälkivalu tulee suorittaa, jotta kiskojen korkoasema pysyy paikoillaan käytön aikana.



KUVA 17. Ajokiskojen jälkivalu

8.2 Tornin vaunun asennus

Asennuksen seuraavassa vaiheessa asennetaan jauhekaarihitsaustornin vaunu kiskoille. Ensin vaunu nostetaan kiskojen päälle ja vaunun ohjauskynnet kiinnitetään kiskoon. Vaunun kynnet toimivat vaunun kaatumisenestokynsinä, jotka pitävät vaunun kiskoilla sen liikkuesssa. Asennusvaihe on kuvattu kuvassa 18.



KUVA 18. Jauhekaarihitsaustornin vaunu

8.3 Pysty- ja vaakapuomin asennus

Vaunun asennuksen jälkeen asennetaan jauhekaarihitsaustornin pystypuomi. Asennus suoritetaan Hiab 800 XS -autonosturilla. Asennusta varten tilattiin nosturiauto kuljetusyritykseltä. Pystypuomin asentaminen yrityksen omalla siltanosturilla ei olisi onnistunut turvallisesti ja hallitusti, koska pystypuomi on korkeampi kuin siltanosturin matalin kohta. Pystypuomin kehäpultit, joilla pystypuomi kiinnitetään vaunuun, uusittiin asennuksen yhteydessä. Kuvassa 19 on pystypuomi asennettuna.



KUVA 19. Pystypuomin asennus

Vaakapuomi asennetaan pystypuomin 'kelkkaan'. Kelkan avulla vaakapuomi liikkuu vertikaalisuunnassa. Vaakapuomin reunassa koko pituudelta on hammaskisko, jonka avulla vaakapuomi liikkuu horisontaalisessa suunnassa. Vaakapuomin asennuksen mahdollistamiseksi kelkasta irrotetaan moottori, joka liikuttaa vaakapuomia hammaskiskon avulla. Moottori asennetaan takaisin kelkkaan vaakapuomin asennuksen jälkeen. Vaakapuomin asennus pystytettiin suorittamaan siltanosturin avulla. Kuvassa 20 on vaakapuomi asennettuna.



KUVA 20. Vaakapuomi asennettuna

8.4 Energiansiirtoketjujen asennus

Jauhekaarihitsaustornin kaapelointi kulkee energiansiirtoketjuissa, jotka mahdollistavat jauhekaarihitsaustornin vaaka- ja pystysuuntaiset liikkeet. Energiansiirtoketjun tarkoitus on suojata kaapeleita liikkumisen aikana. Jauhekaarihitsauslaitteiston energiansiirtoketjut sijaitsevat pysty- ja vaakasuuntaisissa puomeissa

sekä alustassa. Energiansiirtoketjut mahdollistavat koko tornin liikkumisen kiskoilla.

Ennen energiansiirtoketjujen asennusta energiansiirtoketjujen muoviosat kunnostetaan tai vaihdetaan rikkonaiset puolat uusiin. Kaapeleiden ja pistokkeiden kunto tarkistetaan visuaalisesti. Kuvassa 21 on jauhekaarihitsaustornin kiskoilla liikkumisen sekä pystysuuntaisenliikkeen mahdollistavat energiansiirtoketjut.



KUVA 21. Asennetut energiansiirtoketjut

8.5 Käyttövirtakeskuksien asennus

Käyttövirtakeskuksia asennettaessa kaapeloitiin ensimmäisenä suunnitelmien mukaisesti tarvittavat kaapelit. Jauhekaarelle asennettiin päävirralle turvakytkin. Turvakytkimellä saadaan katkaistua kaikki virrat koko laitteistosta huoltotoimenpiteiden ajaksi ja kun kone ei ole käytössä. Turvakytkimen viereen asennettiin kiinteäkeskus sähköisten apulaitteistojen, kuten pyöritysrullien ja pyörityspöytien syöttövirroille. Nämä syöttövirrat kulkevat energiansiirtoketjussa laitteistolle asti. Kaapeleille rakennettiin kaapelikanavat laitteistolle saakka. Kaapelikanavista

kaapelit siirtyvät energiansiirtoketjuihin. Kuvassa 22 on turvakytkin ja kiinteävir-
takeskus.



KUVA 22. Turvakytkin

8.6 Laitteiston kytkentä

Laitteiston kytkentään käytettiin projektissa valtuutettua sähköasentajaa. Asennuksen viivästystä aiheutti asennuksen alussa dokumentaation puuttuminen laitteistosta. Dokumentaatio sisältää myös kytkentäkaaviot. Suurin osa kaapeleista saatiin paikannettua ilman dokumentaatiota oikeisiin riviliittimiin keskuksessa. Dokumentaation saavuttua saatiin kytkettyä tuntemattomat positiot. Kytkennän yhteydessä tarkastettiin kaapeleiden kunto vioittuneiden kaapeleiden varalta.

9 JAUHEKAARIHITSAUSLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO

Tässä osiossa käsitellään asennetun jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönottoon tarvittavat tarkastukset sekä konepajavalmistuksen laadunvarmistukseen vaadittavat tarkastukset.

9.1 Käyttöönottotarkastukset

Jauhekaarihitsaustorni luokitellaan henkilönostimeksi, kun laitteisto täyttää henkilönostimen määräyksen. Henkilönostimella tarkoitetaan laitetta, joka on kiinteästi asennettu ajoneuvon päälle tai rakennettu siirrettävän kaluston päälle. Henkilönostin on laite, joka on tarkoitettu henkilöiden nostamiseen laitteen tasolta työntekoa varten. (L 22.12.1403/1993.)

Jauhekaarihitsauslaitteistolle täytyy suorittaa käyttöönottotarkastus ennen ensimmäistä käyttöä. Määräaikaistarkastus täytyy suorittaa joka vuosi. Tarkastus suoritetaan valtuutetulla ja pätevällä tarkastuslaitoksella. (L 22.12.1403/1993.)

Jauhekaarihitsauslaitteistolle täytyy suorittaa hitsauslaitteiston validointi/kalibrointi. Laitteiston validointi vaaditaan esimerkiksi kantavien teräsrakenteiden valmistuksessa. Hitsauslaitteiden validointi suoritetaan standardin EN 50504 mukaisesti. Validoinnissa tarkastetaan, että mittareiden näyttämät arvot vastaavat riittävän tarkasti todellisia arvoja. (Laurila 2011, 18–19.)

9.2 Hitsausoperaattori

Laitteisto tarvitsee pätevän hitsausoperaattorin, joka tuntee laitteiston toiminnan ja sen optimaalisen käytön. Hitsausoperaattorilla tarkoitetaan henkilöä, joka säättää hitsausparametreja mekaanisesti tai automatisoidusti hitsauksessa. Operaattorin päteväntä tulee suorittaa SFS-EN ISO 14732 -standardin mukaisesti. Pätevöintitavat löytyvät standardista. Yleisin käytettävä päteväntimenetelmä on menetelmäkokeeseen perustuva päteväntä, joka suoritetaan standardin ISO 15614 soveltuvan osan mukaan. (SFS-EN 14732. 2013, 16–17.)

9.3 Kunnossapito

Jauhekaarilaitteiston säännöllinen tarkastaminen ja kunnossapito takaavat optimaalisen toiminnan sekä hyvän hitsauksen laadun. Kunnossapito ja tarkastukset on jaettu seuraavasti: päivittäiset, kuukausittaiset ja kuuden kuukauden tarkastukset. Tarkat tarkastuksen kohteet löytyvät laitteiston käyttöohjekirjan, kunnossapito kohdasta. (Cab 460C. 2005, 40–44.)

10 MENETELMÄKOKEET JA HITSAUSOHJEET

Valmistavan terästeollisuuden on nykypäivänä välttämätön tuntee hitsausohjeet ja niiden sisältö. Asiakkaat vaativat tuotteelta laatua ja vaadittujen määräyksien täyttämistä. Hitsausohjeiden avulla päästään tuottavaan ja laadukkaaseen lopputulokseen.

10.1 Menetelmäkokeen toteutus

Tässä osiossa käsitellään hitsausohjeiden hyväksyminen menetelmäkokeella. Menetelmäkokeiden hitsaus tulee suorittaa standardin SFS-EN ISO 15614-1 mukaan. (SFS EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019. 2019, 9.)

Menetelmäkokeen valvojana voi toimia yrityksen oma tai ulkopuolinen pätevä valvoja. Pätevä henkilö on hitsausinsinööri, hitsausneuvoja tai hitsausteknikko. Hitsauskokeen valvoja laatii hitsauskokeesta pöytäkirjan, jossa seurataan hitsauksen parametreja. (Hitsaajan pätevyyskokeiden valvontaohje. 2017, 1.)

10.1.1 Alustava hitsausohje

Alustava hitsausohje (pWPS) tai hitsausohje (WPS) on dokumentti, jossa esitetään kaikki tarvittava informaatio hitsauksen suorittamiseksi. Alustava hitsausohje laaditaan ennen tuotannonhitsauksen aloittamista. (SFS-EN ISO 15607. 2019, 7–8.)

10.1.2 Menetelmäkoe

Menetelmäkoe hitsataan alustavan hitsausohjeen perustalla koekappaleelle. Koekappaleen mitat määritetään teräkselle standardissa SFS-EN ISO 15614-1 osiossa 6. (SFS EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019. 2019, 9–17.)

10.1.3 Koekappaleiden testaus

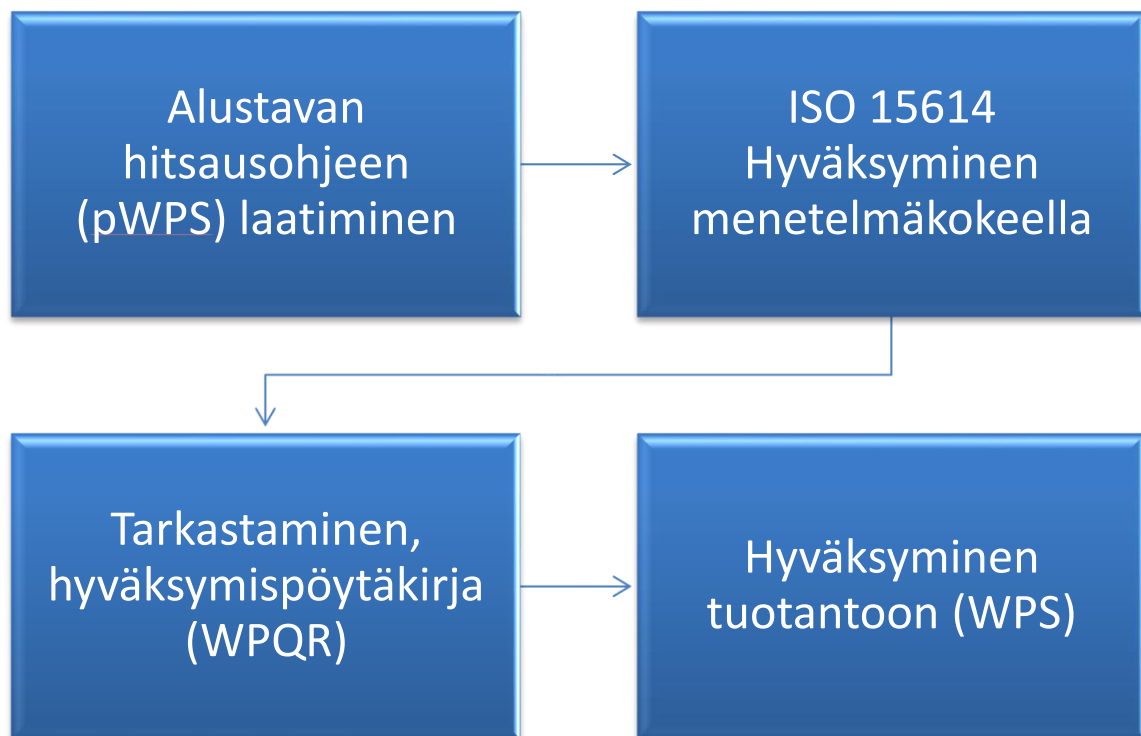
Koekappaleiden testaus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 15614-1, osan 7 mukaisesti. Kappaleelle suoritetaan NDT -tarkastus eli rikkomaton aineenkoetus ja DT -tarkastus eli ainetta rikkova tarkastus. (SFS EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019. 2019, 19–21.)

10.1.4 Pätevyysalue

Pätevyysalueeseen vaikuttavat muun muassa kappaleen mitat, materiaali, hitsausasento, liitosmuoto ja lisäaine. Tarkat määritelmät löytyvät standardista SFS-EN ISO 15614-1. (SFS EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019. 2019, 21–32.)

10.1.5 Menetelmäkoepöytäkirja

Menetelmäkoepöytäkirja (WPQR) on laadittu koekappaleen testauksien ja arvioinnin tuloksista. Menetelmäkoepöytäkirjan tietoja käyttämällä saadaan luotua hitsausohje (WPS). Kulkukaavio hitsausohjeen laatimiselle ja hyväksymiselle menetelmäkokeella on nähtävissä kuvassa 23. (SFS EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019. 2019, 33.)



Kuva 23 Kulkukaavio hitsausohjeen laatimiselle (SFS-EN ISO 15607:2019. 2019, 14)

10.2 Hitsausohjeen laadinta

Tässä osiossa esitellään hitsausohjeiden laadinnan esimerkki menetelmäkoepöytäkirjan pohjalta. Kohdeyrityksessä on tehty vuonna 2020 neljä menetelmäkoetta jauhekaarihitsausprosessille (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Vuonna 2020 tehdyt menetelmäkokeet jauhekaarihitsausprosessille (Palvelut. 2020)

| Menetelmäkoepöytäkirja nro | Prosessi | Liitosmuoto- ja hitsilaji |
|----------------------------|----------|---------------------------|
| MK20 | 121 | BW, FW |
| MK20LK | 121 | BW, FW |
| MK34 | 111/121 | BW, FW |
| MK35 | 111/121 | BW, FW |

Hitsausohje (WPS) tulee laatia jo terästuotteen suunnitteluvaiheessa suunnitellun perustaksi. Hitsausohjeen tarve tulee hitsauksen laadunvalvonnan standardista SFS EN 3834-2:2005. Standardin mukaan hitsaus kuuluu erikoisprosessikategoriaan ja erikoisprosessilta edellytetään kirjallisia menettelyohjeita. (SFS-EN ISO 15607:2019. 2019, 5.)

Hitsausohje takaa hitsauksen laadun ja vaatimustenmukaisuuden. Tuotannon näkökulmasta hitsausohjeella saadaan standardisoitua hyväksi todetut hitsausarvot kyseiselle materiaalille tai tuotteelle. (SFS-EN ISO 15607:2019. 2019, 5.)

Työn aikana luotiin hitsausohje jauhekaarihitsauslaitteistolle menetelmäkoepöytäkirjan pohjalta. Kuvassa 24 nähdään esimerkki menetelmäkoepöytäkirjasta (MK20LK). Kuvasta on peitetty yritykselle tärkeitä tietoja sekä henkilötietoja, joita ei saa julkaista.



MENETELMÄKOE PÖYTÄKIRJA (WPQR)
WELDING PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (WPQR)

Valmistajan WPQR nro /
Manufacturer's WPQR no.: MK20LK

Valmistaja /
Manufacturer: OMP Konepaja Oy

Osoite /
Address: Lumijoen tie 2 90400 OULU

Standardi /
Code/Testing standard: SFS-EN ISO 15614-1:2004

Ilmoitettu laitos /
Notified body:

Ville nro /
Reference no.:

Hitsauspäivämäärä /
Date of welding:

Pätevyysalue /Range of qualification

Hitsausprosessi (-t) / Welding process: 121 (Osittain mekanoisointu/Partly mechanized)

Liitosmuoto ja hitsiliitä / Type of joint and weld: BW, FW

Perusaineryhmä (t) ja alaryhmä (t) /
Parent material group(s) and subgroup(s): 1. 1.x ReH ≤ 385 N/mm²

Perusaineen aineenpaksuus (mm) /
Parent material thickness (mm):

Hitsiaineen paksuus / Weld metal thickness (mm):

a-mitta / Throat thickness (mm):

Putken ulkohalkaisija / Outside pipe diameter (mm):

Hitsausasento (- asennot) / Welding positions:

Lisäaineen luokittelumerkintä /
Filler material designation: EN 756 S1

Lisäaineen kaupan nimi /
Filler material make: Kaikki/All

Lisäaineen koko (mm) /
Filler material size (mm): Ei rajoituksia/ No restriction.

Korotettu työlämpötila (°C) /
Preheat temperature (°C): ≥ 150

Vedynpoistohehku /
Post-heating: Ei rajoituksia/ No restriction.

Suojakaasun luokittelumerkintä /
Designation of shielding gas/fux: SFS -EN 760: S A AB 1
67 AC H5

Virtalaji/napaisuus /
Type of welding current and polarity: DC+

Aineensiirtymismuoto /
Mode of metal transfer: * Välipekolaämpötila (°C) /
Interpass temperature (°C): ≤ 300

Muita tietoja / Other information:

This is a updated revision of certificate 120-1067-812363. This certificate is only valid with original documentation.

Tämän todistuksen on antanut Inspecta Tarkastus Oy Ilmoitettu laitos 0424.

This document is issued by Inspecta Tarkastus Oy Notified Body 0424.

Todistan, että koe hitsit on valmistettu, hitsattu ja testattu yllä mainitun tuote/koestandardin vaatimusten mukaisesti.

Certified that test welds prepared, welded and tested satisfactorily in accordance with the requirements of the code/ testing standard indicated above.

Paikka / Location:

Oulu



Antamispäivämäärä /
Date of issue:

24-02-2020

KUVA 24. Menetelmäkoepöytäkirja MK20LK (WPQR -rekisteri. 2020)

Menetelmäkoepöytäkirjan perusteella saadaan tehtyä hitsausohje jauhekaarihitsausprosessille. Työn aikana laadittu hitsausohje on nähtävissä liitteessä 1. (Palvelut. 2020.)

11 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli asentaa jauhekaarihitsauslaitteisto ja suunnitella tarvittavat toimet laitteiston käyttöönottamiseksi. Työssä tutkittiin jauhekaarihitsauslaitteiston toimintaa ja sen ominaisuuksia. Laitteiston tutustumisesta on paljon apua tulevaisuudessa laitteiston monipuolisen käytön kannalta. Projektin aikana tuotannossa tunnistettiin parannuskohteita tuotantolaitteiden sijoittamisessa tehdyn layout-suunnittelun avulla. Tuotantolaitteiden sijaintia järjestämällä saadaan opittua tuotantoa entisestään.

Työn alussa laadittuihin tavoitteisiin päästiin osittain. Työn aikana jauhekaarihitsauslaitteisto asennettiin suunniteltuun sijaintiin ja työssä määritettiin laitteiston lopulliseen käyttöönottoon tarvittavat toimenpiteet. Lopullista käyttöönottoa ei suoritettu työn aikana tuotannon resurssien vähyyden takia. Käyttöönotto suoritetaan lähiaikoina tarvittavien resurssien vapauduttua.

Yhteenvetona työ onnistui hyvin, vaikka haasteita työn suorittamiseen toi työn tekeminen päivätyön rinnalla. Yhteistyö yrityksen kanssa työn suorittamiseksi onnistui hyvin kiireisenäkin tuotannon aikana. Työn aikana haasteena oli jauhekaarihitsauslaitteiston dokumentaation puuttuminen. Dokumentaation puuttuminen hidasti laitteiston asennusta ja käyttöönottoa. Dokumentaatio saatiin lopulta usean tiedustelun jälkeen tilattua valmistajan tehtaalta Laxåsta. Dokumentaation toimitus viivästyi kahdella kuukaudella toimittajan toiminnanohjausjärjestelmän päivityksien takia. Ilman dokumentaatiota laitteistoa ei olisi saanut täysin toimimaan. Dokumentaatiosta on hyötyä yritykselle tulevana vuosina kunnossapidon tarpeisiin ja varaosien hankkimisessa.

Työssä on käsitelty tarvittavat vaiheet laitteen lopulliseen käyttöönottoon. Laitteistolla saadaan tulevaisuudessa kasvatettua ja monipuolistettua nykytuotannon tuotantotehokkuutta.

LÄHTEET

A2 – A6 Process Controller. 2005. Instruction manual. S. 1. Laxå: Esab

CaB 460C. 2005. Instruction manual. S. 1–15. Laxå: Esab.

Hitsaajan pätevyyskokeiden valvontaohje. 2017. Quality manual. Laatukäsikirja. Rev/Painos 2. B012. SHYQM. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. Saatavissa: <http://shy.istart.fi/LinkClick.aspx?fileticket=7xgBQRkv9BE%3D&tabid=3095>. Hakupäivä 2.4.2020

LAF 1250 DC. 2005. Instruction manual. S. 1–34. Laxå: Esab

Laurila, Matti 2011. Hitsauslaitteiden validointistandardi EN 50504. Hitsausuutiset nro 1/2011 44 vuosikerta. S. 18–19. Saatavissa: <https://www.esab.fi/fi/fi/news/hitsausuutiset/upload/hu-1-11.pdf> Hakupäivä 4.2.2020

Lukkari, Juha 1986. Jauhekaarihitsaus. Suomen Metalliteollisuuden keskusliitto. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Lukkari, Juha 2002. Hitsaustekniikka - Perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lukkari, Juha 2006. Hitsauskustannukset – työtä, työtä, työtä! Hitsausuutiset nro 1/2006. 40 vuosikerta. S. 8–11. Saatavissa: <https://www.esab.fi/fi/fi/news/hitsausuutiset/upload/hu-1-06.pdf>. Hakupäivä 30.3.2020

Lukkari, Juha 2008. Hitsiaineentuotto ja sen käyttö –Nauti raittiista ilmasta. Hitsausuutiset nro 1/2008. 42 vuosikerta. S. 10–13. Saatavissa: <https://www.esab.fi/fi/fi/news/hitsausuutiset/upload/hu-1-08.pdf>. Hakupäivä 30.3.2020

L 22.12.1403/1993. Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931403>. Hakupäivä 23.2.2020

Ongelin, Petri – Valkonen, Ilkka 2010. Hitsatut profiilit EN 1993 -käsikirja. S. 11–15. Ruukki. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy


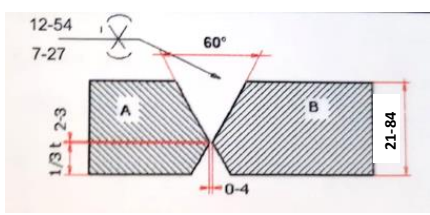
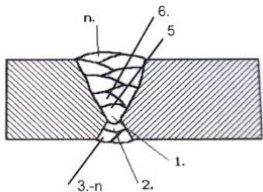
Palvelut. 2020. Oulu: OMP Group Oy. Saatavissa: <https://ompgroup.fi/palvelut/>. Hakupäivä 31.3.2020

SFS-EN ISO 14732:2013. 2019. Hitsaushenkilöstö. Hitsausoperaattoreiden ja hitsausasettajien pätevyyskokeet. Metallisten materiaalien mekanisoitu ja automatisoitu hitsaus. S. 16–17. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

SFS-EN ISO 15607:2019. 2019. Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Yleisohjeet. S. 7–8. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

SFS EN ISO 15614-1:2017 + A1:2019. 2019. Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 1: terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkelseosten kaarihitsaus. S. 9–34. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

WPQR -rekisteri. 2020. Oulu: OMP Konepaja Oy

| | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|---------------------|------------------------------|-----------------|---|-------------|------------------------------|------------------|
|  | | HITSAUSOHJE WPS <small>SFS-EN ISO 15607 MUKAAN ACCORDING SFS-EN ISO 15607</small> | | HITSAUSOHJEEN nro./revisio | | OMP 121_2020_1 | | | |
| | | | | WPS nro./rev. | | | | | |
| | | | | MENETELMÄKOEÖY TÄKIRJAN nro. | | MK20LK | | | |
| | | | | HITSAUSOHJEEN ASEMA | | SFS-EN ISO 15614-1 | | | |
| | | | | STATUS OF WPS | | | | | |
| A PERUSAINE / PARENT MATERIAL | | ≤385 N/mm ² ryhmä 1, Group 1 | | | | CEN ISO/TR 15608 | 1 | | |
| B PERUSAINE / PARENT MATERIAL | | ≤385 N/mm ² ryhmä 1, Group 1 | | | | CEN ISO/TR 15608 | 1 | | |
| MAT. PAKSUUS [A] | 21-84 mm | LIITOKSEN KUVA / JOINT DESIGN  | | | | HITS. JÄRJESTYS / WELDING SEQUENCES  | | | |
| MAT. THICKNESS [A] | 21-84 mm | | | | | | | | |
| MAT. PAKSUUS [B] | 21-84 mm | | | | | | | | |
| MAT. THICKNESS [B] | 21-84 mm | | | | | | | | |
| HITSAUSPROSESSI | 121 | | | | | | | | |
| LIITOSMUOTO | BW bs, FW | | | | | | | | |
| JOINT TYPE | PA,PB | | | | | | | | |
| HITSAUSASENTO | Kuivaus/ drying | | | | | | | | |
| WELDING POSITION | | | | | | | | | |
| LISÄÄINEEN KÄSITTELY | | | | | | | | | |
| SPEC. BACKING DRYING | | | | | | | | | |
| RAILON VALMISTUS JA PUHDISTUS | | Talttaus/hionta //carbon-arc welding, grinding | | | | | | | |
| METHOD OF PREPARATION AND CLEANING | | | | | | | | | |
| KAPPALEEN KIINNITYS / SILLOITUS | | Siltahitsit, Tack welding | | | | | | | |
| JIGGING OF WORK PLACE / TACK WELDING | | | | | | | | | |
| JUUREN AVAUS / JUURITUKI | | nb | | | | TIG-elektrodi | | | |
| BACK GOUGING / BACKING | | | | | | TIG-elektrode | | | |
| SUOJAKAASU/ JAUHE | EN ISO 14174; S A AB 1 67 AC H5 | STAND. | | | | l/min | | | |
| SHIELDING GAS | | STAND. | | | | l/min | | | |
| JUURIKAASU | | | | | | | | | |
| BACKING GAS/ FLUX | | | | | | | | | |
| LISÄÄINEEN LUOKITTELU / HYV. | EN 756 S1 | KAUPPANIMIKE | KAIKKI / ALL | | | | | | |
| FILLER MAT. CLASSIFICATION | | TRADE NAME | | | | | | | |
| Palko | Prosessi | Lisäaineen mitat | Terminen hyötysuhde | Napaisuus | Langansyöttö | Hitsausvirta | Jännite | Kuljetusnopeus | Lämmöntuonti |
| Run | Process | Size of filler meta | Thermal efficiency | Polarity | Wire feed speed | Current [A] | Voltage [V] | avel Speed mm/m | Heat input kJ/mm |
| 1 | 121 | ø4mm | | DC + | aut. | 510-530 | 26-28 | 50,5 | 1,6-2,1 |
| 2,,4 | 121 | ø4mm | | DC + | aut. | 590-610 | 26,5-28,5 | 41,5-53,5 | 1,8-2,3 |
| 5 | 121 | ø4mm | | DC + | aut. | 500-520 | 26-28 | 53,3 | 1,6-1,9 |
| 6-7 | 121 | ø4mm | | DC + | aut. | 590-610 | 26,5-28,5 | 42,7-52,9 | 1,6-2,3 |
| 8-11 | 121 | ø4mm | | DC + | aut. | 630-650 | 29-31 | 36,0-40 | 2,5-3,6 |
| 12-n | 121 | ø4mm | | DC + | aut. | 650-670 | 29-31 | 32,9-47,1 | 2,75-3,2 |
| Palko | Kuljetuskulma | Kallistuskulma | Levitys amplit. | Levitystaajuus | Etenemiskulma | Railonseuranta | | Rob. hits. taulukot | |
| Run | Travel angle | Weld slope | Amplitude | Frequency | Advance angle | Seam tracking | | Robot w elding doc | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Palon maksimi leveys | | | | Palkivälinen lämpötila | | ≤300°C | | Pitoliämpötila | |
| Maximum width of run | | | | Interpass temperature | | | | Soaking temperature | |
| Esikuumennusmenetelmä | | Gas/Electricity | | Hitsausliitoksen jälkikäsit. | | | | Pitoaika | |
| Preheat method | | | | Weld treatment | | | | Soaking time | |
| Korotettu työlämpötila | | 150°C | | Jälkilämpökäsittely | | 550°C/90min ±20% | | Jäähdytysnopeus | |
| Preheat temperature | | | | Post weld heat treatment | | | | Cooling rate | |
| Työlämpötilan mittaust | | | | Kuumennusnopeus | | 175°C/h | | Poistoliämpötila | |
| Method of measurement | | | | Heating rate | | | | Withdraw al temperature | |
| Muu informaatio | | Materiaalien lämpötila ennen hitsausta 150°C | | | | Päiväys / Date | | | |
| Other information | | Temperature of the materials before welding 150°C | | | | Laatija/made by | | | |
| Päiväys / Date | | Valmistaja/Manufacturer | | Päiväys / Date | | Asiakas/Customer | | Viranomainen/Authority | |
| 22.3.2020 | | OMP-Konepaja Oy Oulu Finland | | | | | | 22.3.2020 Helppikangas Henri | |